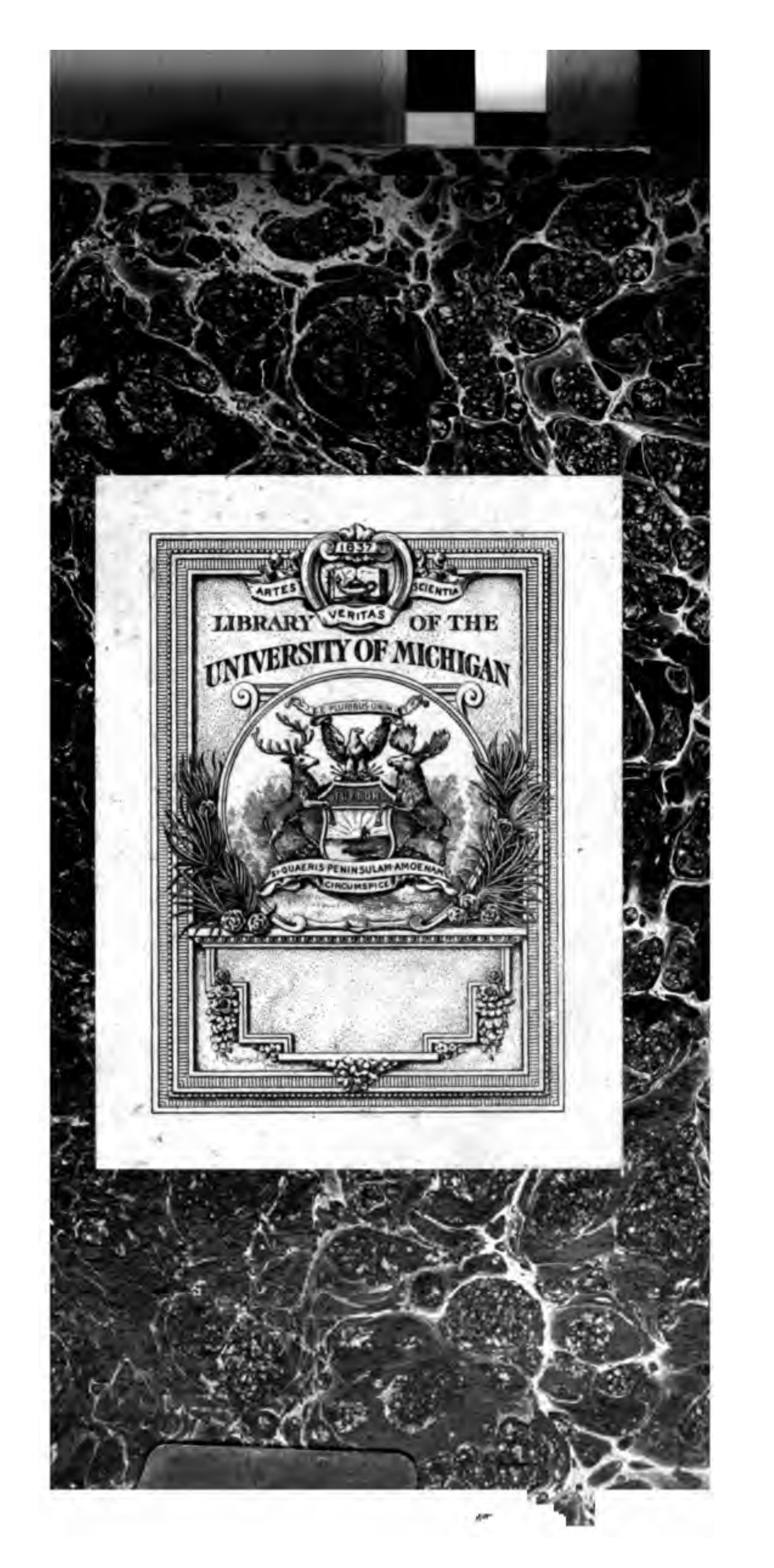
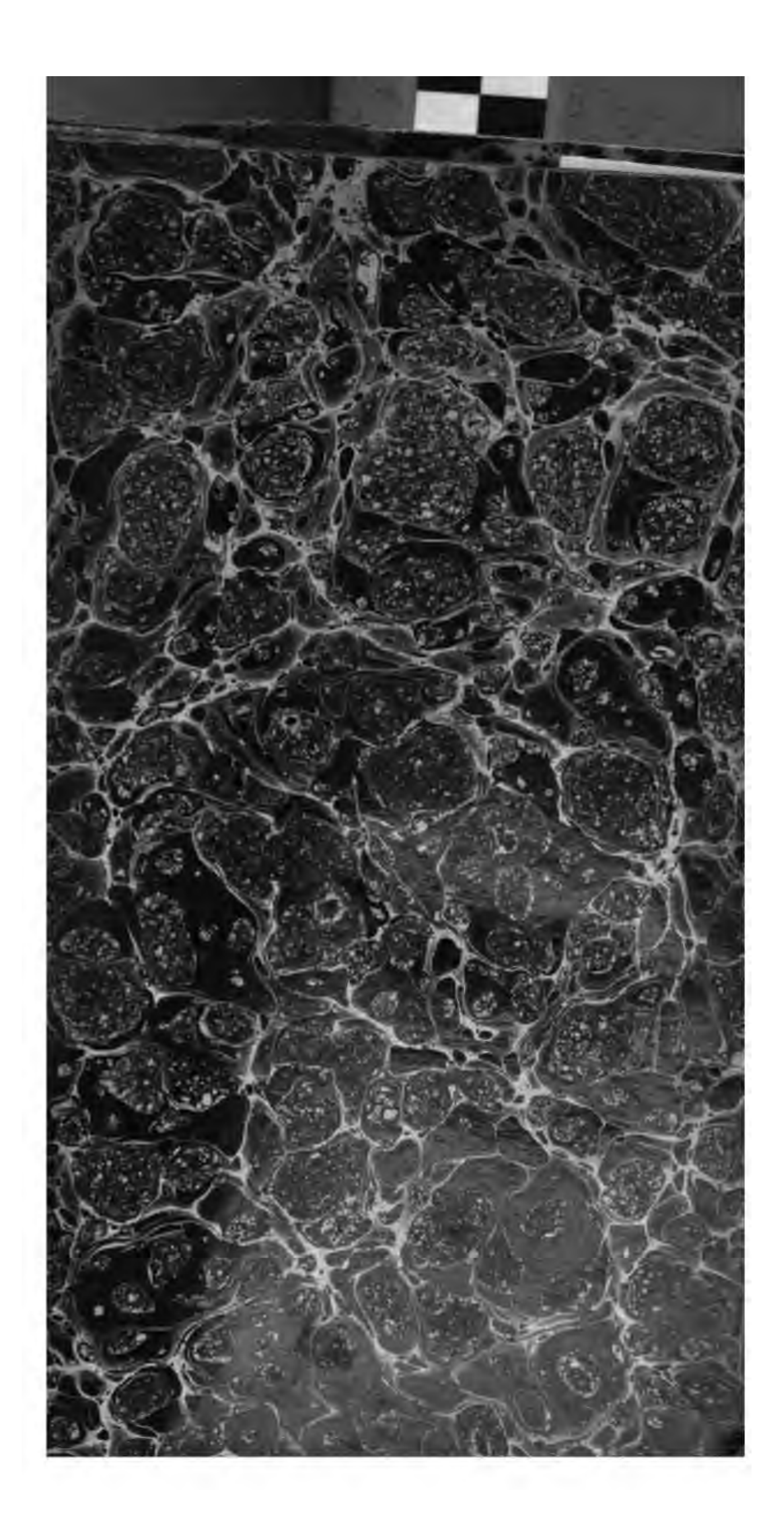

B 939,446


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE







ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LVI.

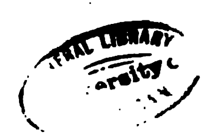
ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SECHS UND FUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT ZWEI UND DREISSIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1842.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

ZWEITE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SECHS UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1842.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



Inhalt

des Bandes LVI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Naumann, Fig. 1, S. 7; Fig. 2, S. 30. — Hankel, Fig. 3, S. 38; Fig. 4, S. 39; Fig. 5, S. 42; Fig. 6 bis 10, S. 45 bis 47; Fig. 11, S. 48.

Taf. II. — Dove, Fig. 1, S. 253. — Frankenheim, Fig. 2, S. 280; Fig. 3, S. 282. — Poggendorff, Fig. 4, S. 329. — Svanberg, Fig. 5, S. 427. — Kopp, Fig. 6, S. 515; Fig. 7, S. 519; Fig. 8 und 9, S. 521; Fig. 10, S. 522. — Heiden, Fig. 11 bis 13, S. 633 und 634.

Taf. III. — v. Leyser, Fig. 1, S. 415; Fig. 2, S. 416; Fig. 3, S. 417. Schmid, Fig. 4, S. 543; Fig. 5 und 6, S. 550. — Escher v. d. Linth, Fig. 7 und 8, S. 611. — Wartmann, Fig. 9 und 10, S. 636 und 637.

1842. ANNALEN . №. 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVI.

I. *Ueber den Quincunx, als Grundgesetz der Blattstellung im Pflanzenreiche; von Carl Friedrich Naumann.*

§. 1. Einleitung.

Wenn man die Oberfläche einer Sigillarie oder eines Lepidodendron betrachtet, so mufs man erstaunen über die regelmäfsige Anordnung der Schilder und Narben, welche den Insertionspunkten der Blätter dieser vorweltlichen Pflanzenformen entsprechen. Ganz ähnliche Erscheinungen lassen die Triebe, Zweige und jungen Stämme vieler Coniferen der Jetztwelt wahrnehmen, auf deren Oberfläche die Blätter mit bewundernswerther Regelmäfsigkeit gestellt sind. Dieselbe Regelmäfsigkeit wiederholt sich in den Zapfen dieser Coniferen, deren abgeschlossene Form die Gesetzmäfsigkeit der Anordnung ihrer Schuppen auf eine besonders überraschende Weise hervortreten läfst. Die Anthoklinien und Periklinien der Syngenesisten (wie z. B. die Scheibe der Sonnenblume), die Kätzchen der Amentaceen, die Aehren vieler Gramineen zeigen gleichfalls in der Stellung ihrer Blümchen und Kelchblätter eine Regelmäfsigkeit, welche bei näherer Betrachtung unwillkürlich die Bewunderung des Beschauers erregen mufs.

Eine solche, allgemein durchgreifende und augenfällig hervortretende Gesetzmäfsigkeit mufste nothwendig das Interesse der Botaniker in Anspruch nehmen, und es waren besonders Karl Schimper und Alexander Braun[1]),

1) Schimper in Geigers Magazin der Pharmacie, 1830; und Braun in Verhandlungen der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher, Bd. VII, 1831.

welche diesem höchst anziehenden Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zuwendeten, und durch die genauere Untersuchung desselben zu eben so wichtigen als überraschenden Resultaten gelangten. Namentlich ist es dem Dr. Braun durch eine mehr mathematische Verfolgung dieser morphologischen Verhältnisse gelungen, die scheinbar so verwickelten Gesetze derselben auf einige höchst einfache Grundbegriffe zurückzuführen, und einen, fast für das ganze Pflanzenreich gültigen arithmetisch - geometrischen Kanon der Blattstellung aufzufinden.

Da ich nicht Botaniker bin, so könnte es wohl anmafsend erscheinen, wenn ich nach solchen, den Gegenstand fast erschöpfenden Leistungen mit einer nachträglichen Betrachtung desselben hervorzutreten wage. Indessen hoffe ich aus dem Grunde eine nachsichtige Beurtheilung zu finden, weil da, wo es sich um rein morphologische Verhältnisse handelt, auch der Mathematik eine allgemeine Berechtigung zugestanden werden mufs, und weil meine Betrachtung im Wesentlichen auf dieselben Resultate hinausläuft, welche Braun in seiner Abhandlung aufgestellt hat. Die folgenden Mittheilungen machen daher auf nichts weiter Anspruch, als darauf, das Gebiet der schönen Entdeckungen Brauns von einem etwas verschiedenen Gesichtspunkte aus einer etwas allgemeineren mathematischen Auffassung zu unterwerfen.

Ich habe bereits in v. Leonhard's und Bronn's Jahrbuch darauf hingewiesen, wie die Gesetze der Blattstellung auch aus dem Begriffe des Quincunx abgeleitet werden können, sobald man diesen Begriff in seiner ganzen Allgemeinheit auffafst, und nicht blofs den römischen Quincunx, diese einfachste Form aller quincuncialen Anordnungen, im Auge behält.

Eine quincunciale Anordnung findet allemal da Statt, wo parallele (oder auch radiale, unter gleichen Winkeln geneigte) Reihen (Zeilen) von aequidistanten Punkten

in der Weise gegeben sind, dafs die Punkte einer jeden einzelnen Reihe gegen die Punkte der Nebenreihen um einen bestimmten Theil der Punktdistanz verschoben sind. Setzt man die Distanz der Punkte innerhalb einer jeden Reihe $=a$, den Abstand oder das Intervall der einzelnen parallelen Reihen $=b$, und ist $\frac{n}{m}$ ein Bruch, dessen Zähler höchstens halb so grofs werden kann, als der Nenner, so ist der Quincunx dadurch gegeben, dafs alle Punkte der zweiten Reihe gegen die der ersten Reihe um $\frac{n}{m}a$ verschoben sind. Dabei kömmt es für die Qualität der Erscheinung gar nicht auf die absoluten Werthe, sondern lediglich auf das Verhältnifs der beiden Gröfsen a und b an.

Zwar ist nun in der Natur dieses Verhältnifs veränderlich nicht nur in einer und derselben Species, sondern auch an einem und demselben Individuo. Allein es scheinen doch diese Schwankungen zwischen gewissen Gränzen enthalten zu seyn, innerhalb welcher, wenn sie auch zum Theil sehr weit auseinander lagen, doch die wesentliche und charakteristische Erscheinungsweise der quincuncialen Anordnung keine auffallenden Störungen erleidet.

Das Wesentliche nämlich, was als die unmittelbare und nothwendige Folge einer jeden quincuncialen Anordnung in der Erscheinung hervortritt, sind die schrägen Reihen, welche die Zeilen unter gewissen Winkeln durchschneiden, und daher auf cylindrischen Stämmen und Zapfen als Schraubenlinien (auf scheibenförmigen Anthoklinien als Spirallinien) erscheinen. Diese schrägen oder diagonalen Reihen entfalten sich, nach Mafsgabe der verschiedenen Werthe von $\frac{n}{m}$ und $\frac{a}{b}$, in mehr oder weniger grofser Anzahl, durchkreuzen sich nach sehr verschiedenen Richtungen, und fallen sogar in

den meisten Fällen weit deutlicher in die Augen, als die verticalen Reihen oder Zeilen. Schimper und Braun belegen sie mit dem deutschen Namen Wendel, wofür ich das in allen Sprachen zulässige Wort Strophe gebrauchen werde. Braun hat den Gesetzen dieser Wendel mit grofsem Scharfsinn nachgespürt, und sehr einfache Regeln aufgefunden, um die, nur selten genau mefsbare Gröfse $\frac{n}{m}$ aus der Anzahl der vorhandenen gleichartigen Wendel abzuleiten.

Diese Wendel oder Strophen sind aber doch nur als secundäre Phänomene, als blofse Consectarien der Fundamental-Erscheinung zu betrachten, als welche jedenfalls der, in den verticalen Reihen gegebene Quincunx angesehen werden mufs. Diefs lehren nicht nur die cannelirten Sigillarien und Syringodendra, in welchen die eminente Bedeutung der verticalen Reihen so augenscheinlich hervortritt, dafs es Niemandem einfallen wird, sie erst aus den Wendeln abzuleiten; es scheint uns auch die Richtung des Wachsthums der Pflanzen zunächst auf diese verticalen Reihen zu verweisen, und endlich noch der Umstand den Quincunx als den eigentlichen Ausgangspunkt für die Betrachtung der Blattstellung zu bezeichnen, dafs in ihm die wirtelige Blattstellung zugleich mit der vereinzelten Blattstellung ihre vollkommene Erklärung findet.

Ich will nun im Folgenden versuchen, die Gesetze des Quincunx nach den beiden Hauptformen zu entwikkeln, in denen er zunächst aufgefafst werden mufs, und als welche 1) der parallelreihige Quincunx auf cylindrischer Oberfläche, so wie 2) der concentrische oder kreisförmige Quincunx zu betrachten seyn dürften.

I. Vom parallelreihigen Quincunx.

§. 2. Allgemeine Bestimmungen.

Sobald man cylindrisch oder sehr spitz conisch gestaltete Stammtheile vor sich hat, was namentlich bei den

fossilen Sigillarien und Lepidodendren und bei den jungen Coniferenstämmen der Jetztwelt als der gewöhnlichere Fall betrachtet werden kann, so ist es, vermöge der Form und developpabeln Oberfläche solcher Stammtheile erlaubt, den Quincunx selbst als einen parallelreihigen zu betrachten und sein Gesetz in der Ebene zu studiren [1]). Dabei werden wir vor der Hand die Variabilität des Verhältnisses $a:b$ aufser Acht lassen, und solches vielmehr als constant betrachten können, wie es denn auch in der That innerhalb jeder kürzeren Distanz als ziemlich constant hervortritt, und selbst bei gröfseren Schwankungen keine wesentlichen Veränderungen derjenigen Elemente der Erscheinung zur Folge hat, um deren Auffassung es sich zunächst handelt.

Wir denken uns also ein System paralleler, durch gleiche Intervalle (b) getrennter Linien, Taf. I. Fig. 1., in welchen einzelne Punkte reihenförmig dergestalt vertheilt sind, dafs die Punkte jeder einzelnen Reihe um die Distanz a von einander abstehen, während sie gegen die Punkte der Nebenreihe um $\frac{n}{m}a$ verschoben sind, wobei n und m ganze Zahlen sind, n aber $< m$ und höchstens $= \frac{1}{2}m$ vorausgesetzt wird. Denken wir uns dieses Verhältnifs von Reihe zu Reihe fortgesetzt, so erhalten wir die Vorstellung einer quincuncialen Anordnung in der gröfsten Allgemeinheit. Die Figur zeigt das Bild einer solchen Anordnung für $\frac{n}{m} = \frac{8}{21}$, und $a:b = 12:1$; Verhältnisse, unter denen der Quincunx bei *Lepidodendron aculeatum*, *Pinus picea*, *Pinus Abies*, *Pinus sylvestris* und vielen andern Pflanzen vorkommt.

Die Zahl $\frac{n}{m}$, als das wichtigste und eigentlich cha-

1) Bei denen, meist platt gedrückten Stammtheilen der Sigillarien und Lepidodendren bietet sich eine solche Betrachtungsweise von selbst dar.

rakterisirende Element einer jeden quincuncialen Anordnung, wollen wir künftig die Charakteristik des Quincunx nennen; es ist diefs dieselbe Zahl, welche Braun die Divergenz der Grundwendel nannte.

Weil die Punkte einer jeden Reihe oder Zeile allemal um $\frac{n}{m}a$ gegen die Punkte der vorhergehenden Reihe verschoben sind, so folgt, dafs das Gesetz des Quincunx sich innerhalb der Zahl von m Intervallen vollständig erfüllen mufs, oder, dafs in der $(m+1)$ten Zeile genau dieselbe Lage der Punkte wiederkehren wird, welche in der ersten Zeile stattfindet. Die ganze quincunciale Anordnung wird also überhaupt in m Zeilen einen Cyclus vollendet haben, und sonach ist der Nenner des Bruches $\frac{n}{m}$ als die eigentliche cyclische Zahl des Quincunx zu betrachten. In sehr vielen Fällen ist die Anordnung mit einem Cyclus geschlossen; in anderen Fällen dagegen wiederholt sich derselbe Cyclus mehre, ja, bisweilen sehr viele Male nach einander. Es scheint aber, dafs solche Wiederholung immer nur nach einer ganzen Zahl von Cyclen möglich ist, weil die ganze Anordnung, sofern sie auf cylindrischen oder conischen Stämmen, Zweigen, Zapfen u. dgl. ausgebildet ist, eine in sich selbst zurücklaufende seyn mufs, was sie offenbar nicht mehr seyn könnte, wenn ein unvollständiger Cyclus im Spiele wäre.

Ich unterscheide den Quincunx als einfachen und als zusammengesetzten Quincunx, je nachdem $n=1$ oder >1 ist, weil im ersteren Falle die ganze Erscheinung mit einer weit gröfseren Einfachheit hervortritt, als im zweiten Falle. Als die einfachste Varietät des einfachen Quincunx ist der bekannte römische Quincunx zu betrachten, für welchen $\frac{n}{m}=\frac{1}{2}$ ist.

Da die Eigenschaften des einfachen Quincunx zu-

gleich mit aufgefunden werden, wenn wir diejenigen des zusammengesetzten Quincunx nachweisen können, so wenden wir uns sogleich zu dieser allgemeinen Betrachtung des Gegenstandes.

§. 3. Bestimmung der verschiedenen Strophen des zusammengesetzten Quincunx.

Das Wichtigste, was wir zunächst betrachten müssen, sind die mancherlei schrägen Reihen, die Wendel oder Strophen des Quincunx. Man kann bei der Aufsuchung und Bestimmung derselben verschiedene Wege einschlagen: man kann z. B., von irgend einem der Punkte ausgehend, zuvörderst die, nach den Punkten der ersten Nebenzeile, dann die, nach den Punkten der nächstfolgenden Nebenzeile laufenden Strophen bestimmen, u. s. w. Es scheint jedoch in vieler Hinsicht bequemer, die Bestimmung nicht unmittelbar von den Zeilen oder verticalen Reihen, sondern von denjenigen Strophen abhängig zu machen, welche sich gewissermafsen als die Fundamentalstrophen der ganzen Anordnung ergeben.

Wenn wir nämlich irgend einen Punkt A (Fig. 1.) einer verticalen Reihe mit dem nächst gelegenen Punkte B der Nebenreihe verbinden, welcher gegen ihn um $\frac{n}{m}a$ verschoben ist, so erhalten wir eine Linie, in deren weiteren Verlaufe eine ganze Reihe von Punkten gegeben ist; auch sieht man leicht, dafs es ein ganzes System von dergleichen, unter einander parallelen Reihen geben mufs. Diese Reihen sind nun die ersten und wichtigsten Strophen; sie bilden das nächste Resultat der quincuncialen Anordnung, und wir wollen sie daher mit dem Namen der Archistrophen belegen.

In Bezug auf die Richtung, nach welcher diese Archistrophen aufsteigen, ist ein wichtiger (jedoch, nach Braun's Untersuchungen, nicht specifisch wesentlicher) Unterschied zu berücksichtigen, wonach man den

ganzen Quincunx als **rechts** oder **links** aufsteigend (*dextrorsum aut sinistrorsum scandens*) bezeichnen kann. Um dieses Verhältnifs richtig zu bestimmen, hat, wie schon De Candolle und Braun gelehrt haben, der Beobachter sich selbst in der Axe des Stammes, Zweiges, Zapfens u. s. w. aufrecht zu denken, mit dem Gesichte nach der Aufsenfläche desselben gewendet; je nachdem nun bei solcher Vorstellung die Archistrophen nach der rechten oder linken Hand des Beobachters zu aufsteigen, sind sie, und folglich der ganze Quincunx, als rechts oder links aufsteigend zu bezeichnen.

Die Bestimmung der übrigen secundären Strophen erfordert folgende Vorbereitung. Man denke sich durch irgend einen der Punkte, z. B. durch den Punkt A (Taf. I. Fig. 1.), ein rechtwinkliches Axensystem gelegt, für welches die durch A gehende verticale Linie oder Zeile als Axe der x, die auf ihr rechtwinkliche Linie AR als Axe der y gelten soll. Man setze ferner denjenigen Quadranten, innerhalb dessen die Archistrophe AB aufsteigt, als den Quadraten der positiven x und positiven y. Nennen wir die, durch den Ausgangspunkt A gehende Archistrophe die erste Archistrophe, so können wir die darunter liegende Archistrophe $A'B'$ als zweite, die nächstfolgende $A''B''$ als dritte Archistrophe unterscheiden, u. s. w.

Zieht man nun von A aus nach allen Punkten dieser verschiedenen Archistrophen gerade Linien, so werden solche Linien im Allgemeinen die Richtungen aller möglichen secundären Strophen bestimmen.

Vor allen Dingen ist es jetzt nöthig, diese verschiedenen secundären Strophen mit angemessenen Benennungen zu belegen, um sie von einander unterscheiden zu können. Wir wollen daher sämmtliche, durch Punkte der zweiten Archistrophe $A'B'$ bestimmte Strophen, Protostrophen nennen, und solche, wie sie der Reihe nach durch die Punkte B', C', D' u. s. w. bestimmt

werden, als Protostrophe der ersten, zweiten, dritten Ordnung u. s. w. unterscheiden. Auf gleiche Weise nennen wir sämmtliche, durch Punkte der dritten Archistrophe $A''B''$ gehende Strophen Deuterostrophen, und unterscheiden solche als Deuterostrophen der ersten, zweiten, dritten Ordnung u. s. w., wie sie successiv durch die Punkte B'', C'', D'' u. s. w. bestimmt werden. Die ferneren Strophen wollen wir eben so Tritostrophen, Tetartostrophen u. s. w. nennen, und die Ordnungszahlen der sie bestimmenden Punkte unterscheiden. Die um 1 verminderte Ordinalzahl derjenigen Archistrophe, nach welcher irgend eine secundäre Strophe läuft, bestimmt also die Classe, und die Ordinalzahl des Punktes in solcher Archistrophe bestimmt die Ordnung der Strophe. Wir wollen diesen Punkt künftig den Bestimmungspunkt der Strophe nennen, und seine Coordinaten x und y allgemein mit α und β bezeichnen.

Man überzeugt sich leicht, dafs allgemein der $p$te Punkt der $(q-1)$ten Archistrophe durch die Coordinaten

$$\alpha = \frac{pn - qm}{m} a$$

$$\beta = pb$$

bestimmt ist.

Die, nach solchem Punkte von A auslaufende Strophe ist, ihrer Aufsteigungsrichtung nach, mit den Archistrophen entweder gleichsinnig oder widersinnig, je nachdem sich die Vorzeichen der Coordinaten α und β bestimmen. Sie hat gleichsinniges Aufsteigen mit den Archistrophen, wenn beide, sowohl α als β positiv, oder auch negativ sind; sie hat widersinniges Aufsteigen, wenn α negativ und β positiv, oder umgekehrt, wenn α positiv und β negativ ist.

In dieser Hinsicht ist noch zu bemerken, dafs eigentlich obere und untere Strophen unterschieden werden müssen, je nachdem wir, von der Grundzeile des Punk-

tes A ausgehend, die Punkte der Archistrophen aufwärts oder abwärts zählen. Alle Strophen, deren Bestimmungspunkte B', C' u. s. w. von der Grundzeile aus aufwärts liegen, sind obere, und alle Strophen, deren Bestimmungspunkte B'_1, C'_1 u. s. w. von der Grundzeile aus abwärts liegen, sind untere Strophen. Gewöhnlich hat man es nur mit oberen Strophen zu thun, wefshalb wir auch immer solche verstehen wollen, wenn von Strophen schlechthin die Rede ist, und die unterscheidenden Prädicate obere und untere nur dann gebrauchen, wenn eine untere Strophe in Betrachtung kommt. Für jede solche untere Strophe ist die Ordnungszahl p negativ zu nehmen.

§. 4. Bestimmungspunkte und Selbstständigkeit der Strophen.

Aus den oben stehenden allgemeinen Werthen von α und β läfst sich nun folgende tabellarische Uebersicht der Bestimmungspunkte der Strophen ableiten, welche wir jedoch nur bis zur vierten Classe ausführen wollen.

		Protostrophen.	Deuterostrophen.	Tritostrophen.	Tetartostrophen.
Der 1sten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{n-m}{m}a$	$\frac{n-2m}{m}a$	$\frac{n-3m}{m}a$	$\frac{n-4m}{m}a$
	$\beta =$	b	b	b	b
Der 2ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{2n-m}{m}a$	$\frac{(2n-m)}{m}a$	$\frac{2n-3m}{m}a$	$\frac{2(n-2m)}{m}a$
	$\beta =$	$2b$	$2b$	$2b$	$2b$
Der 3ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{3n-m}{m}a$	$\frac{3n-2m}{m}a$	$\frac{3(n-m)}{m}a$	$\frac{3n-4m}{m}a$
	$\beta =$	$3b$	$3b$	$3b$	$3b$
Der 4ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{4n-m}{m}a$	$\frac{2(2n-m)}{m}a$	$\frac{4n-3m}{m}a$	$\frac{4(n-m)}{m}a$
	$\beta =$	$4b$	$4b$	$4b$	$4b$

		Protostrophen.	Deuterostrophen.	Tritostrophen.	Tetartostrophen.
Der 5ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{5n-m}{m}a$	$\frac{5n-2m}{m}a$	$\frac{5n-3m}{m}a$	$\frac{5n-4m}{m}a$
	$\beta =$	$5b$	$5b$	$5b$	$5b$
Der 6ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{6n-m}{m}a$	$\frac{2(3n-m)}{m}a$	$\frac{3(2n-m)}{m}a$	$\frac{2(3n-2m)}{m}a$
	$\beta =$	$6b$	$6b$	$6b$	$6b$
Der 7ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{7n-m}{m}a$	$\frac{7n-2m}{m}a$	$\frac{7n-3m}{m}a$	$\frac{7n-4m}{m}a$
	$\beta =$	$7b$	$7b$	$7b$	$7b$
Der 8ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{8n-m}{m}a$	$\frac{2(4n-m)}{m}a$	$\frac{8n-3m}{m}a$	$\frac{4(2n-m)}{m}a$
	$\beta =$	$8b$	$8b$	$8b$	$8b$
Der 9ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{9n-m}{m}a$	$\frac{9n-2m}{m}a$	$\frac{3(3n-m)}{m}a$	$\frac{9n-4m}{m}a$
	$\beta =$	$9b$	$9b$	$9b$	$9b$
Der 10ten Ordnung.	$\alpha =$	$\frac{10n-m}{m}a$	$\frac{2(5n-m)}{m}a$	$\frac{10n-3m}{m}a$	$\frac{2(5n-2m)}{m}a$
	$\beta =$	$10b$	$10b$	$10b$	$10b$
u. s. w.		u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.

Da nun ein jeder Bestimmungspunkt, dessen beide Coordinaten α und β gleichzählige Multipla der Coordinaten irgend eines anderen Bestimmungspunktes sind, mit diesem letzteren Punkte nothwendig zu einer und derselben Strophe gehören mufs, so werden alle diejenigen Strophen, deren Coordinatwerthe α in der vorstehenden Tabelle mit eingeklammerten Faktoren versehen sind, mit irgend einer Strophe aus einer der vorhergehenden Klassen zusammenfallen müssen, und folglich keine neue und selbstständige Erscheinung bilden.

Hieraus ergeben sich folgende, für eine jede quincunciale Anordnung ganz allgemein gültige Regeln.

Mit den Protostrophen der ersten Ordnung sind identisch die Deuterostrophen der zweiten Ordnung, die Tritostrophen der dritten Ordnung u. s. w.

Mit den Protostrophen der zweiten Ordnung sind identisch die Deuterostrophen der vierten Ordnung, die Tritostrophen der sechsten Ordnung u. s. w.

Mit den Protostrophen der dritten Ordnung sind identisch die Deuterostrophen der sechsten Ordnung, die Tritostrophen der neunten Ordnung, die Tetartostrophen der zwölften Ordnung u. s. w.

Mit den Deuterostrophen der ersten Ordnung sind identisch die Tetartostrophen der zweiten Ordnung, die Hektostrophen der dritten Ordnung u. s. w.

Die Deuterostrophen der zweiten Ordnung fallen aus, da sie mit den Protostrophen der ersten Ordnung zusammenfallen.

Mit den Deuterostrophen der dritten Ordnung sind identisch die Tetartostrophen der sechsten Ordnung, die Hektostrophen der neunten Ordnung u. s. w.

Die Deuterostrophen der vierten Ordnung fallen aus, weil sie mit den Protostrophen der zweiten Ordnung identisch sind.

Die Deuterostrophen der fünften Ordnung sind identisch mit den Tetartostrophen der zehnten Ordnung, den Hektostrophen der funfzehnten Ordnung u. s. w.

Man wird diese Folgerungen leicht für die Tritostrophen, Tetartostrophen u. s. w. fortsetzen können, was jedoch für die Anwendung nur selten einigen Werth haben dürfte, weil es die Protostrophen und Deuterostrophen sind, welche in den meisten Fällen allein einige Wichtigkeit für die Erscheinungsweise des Quincunx haben. Namentlich haben die Protostrophen, als die durch alle Klassen hindurchgreifenden Glieder, die gröfste Wichtigkeit.

Noch besser lassen sich diese Resultate über die Selbstständigkeit der Strophen übersehen, wenn man sie folgendermaſsen zusammenstellt.

Die Protostrophen sind durchaus selbstständig.

Von den Deuterostrophen sind nur die der ungeradzähligen oder $(2g \pm 1)$ten Ordnungen selbstständig, während alle von geradzähliger Ordnung schon in den Protostrophen enthalten sind.

Von den Tritostrophen kommen alle die der drittzähligen Ordnungen in Wegfall, weil sie schon in den Protostrophen enthalten sind, und es treten nur die der $(3g \pm 1)$ten Ordnungen [1]) als selbstständige auf; oder auch, die $p$te Ordnung ist nur dann selbstständig, wenn entweder $\frac{1}{3}(p-1)$, oder $\frac{1}{3}(p+1)$ eine ganze Zahl ist.

Von den Tetartastrophen kommen alle die der viertzähligen Ordnungen in Wegfall, weil sie schon in den Protostrophen gegeben sind; auſserdem aber fallen auch die der 2ten, 4ten, 6ten, überhaupt der $2(2g \pm 1)$ten Ordnung weg, weil solche mit den ungeradzähligen Deuterostrophen identisch sind. Als neue und selbstständige Strophen bleiben daher nur die der ungeradzähligen Ordnungen übrig.

Von den Pemptostrophen kommen nur alle die der fünftzähligen Ordnungen in Wegfall, während die übrigen selbstständig sind. Indessen ist es unnöthig, diese Betrachtung so weit und noch weiter fortzuführen, daher wir sie hier abbrechen wollen.

Sieht man m und $m-n$ als die ersten Glieder einer abnehmenden arithmetischen Reihe an, so erhält man durch Aufsuchung der nächsten Glieder folgende Reihe, für deren Glieder ich gleich nebenstehend die entsprechenden Werthe in der Voraussetzung, daſs $m=21$, und $n=8$ ist, gestellt habe.

1) Unter g wird allemal irgend eine ganze Zahl verstanden.

1. Glied	m	21
2. -	$m-n$	13
3. -	n	8
4. -	$m-2n$	5
5. -	$3n-m$	3
6. -	$2m-5n$	2
7. -	$8n-3m$	1
8. -	$5m-13n$	1
9. -	$21n-8m$	0

Diefs ist die von Braun aufgefundene Reihe, deren Glieder für so viele Pflanzen von Wichtigkeit sind.

§. 5. Coordinationszahl oder Zähligkeit der Strophen.

Jede Strophe des Quincunx ist innerhalb seines einmaligen Cyclus in einer bestimmten Anzahl vorhanden, und alle dergleichen coordinirte Strophen bilden ein System, dessen cyclische Zahl von Braun die Coordinationszahl genannt wird. Diese Zahl ist von solcher Wichtigkeit, dafs Braun selbst die Nomenclatur der Strophen auf sie gegründet hat, indem er die verschiedenen Wendel nach ihrer Zähligkeit, als die 3zähligen, 8zähligen u. s. w. unterscheidet.

Um diese Coordinationszahl eines Strophensystemes zu finden, braucht man nur den horizontalen Abstand je zweier, zunächst auf einander folgender Strophen zu berechnen, und durch diesen Abstand die Breite des Cyclus, welche allemal $=mb$ ist, zu dividiren; der Quotient bestimmt unmittelbar die Anzahl der Strophen innerhalb eines Cyclus.

Den horizontalen Abstand der Strophen irgend eines Systemes findet man aber leicht, sobald man, aufser dem Bestimmungspunkte der ersten (vom Punkte A auslaufenden) Strophe, noch einen derjenigen beiden Punkte kennt, durch welchen ihre beide Nebenstrophen laufen. Da wir die Archistrophen von oben nach unten gezählt haben, so ist es gut, wenn wir, der Consequenz

wegen auch in jedem andern Strophensysteme allemal die untere Nebenstrophe der ersten (von dem Punkte A auslaufenden) Strophe berücksichtigen. Setzen wir nun die Coordinaten desjenigen Punktes, durch welchen diese untere Nebenstrophe läuft, $x=P$ und $y=Q$, so erhalten wir folgende Bestimmungen für die verschiedenen Strophen-Klassen.

Archistrophen. Für die erste Archistrophe sind die Coordinate des bestimmenden Punktes:

$$\alpha=\frac{n}{m}a, \text{ und } \beta=b$$

und die Coordinaten eines der Punkte, durch welchen die zweite Archistrophe läuft (z. B. des Punktes A'').

$$P=-a \qquad Q=o$$

Protostrophen. Für die erste Protostrophe der $p$ten Ordnung sind allgemein die Coordinaten des Bestimmungspunktes:

$$\alpha=\frac{pn-m}{m}a \;,\; \beta=pb$$

und die Coordinaten eines der Punkte, durch welchen ihre untere Nebenstrophe läuft:

$$P=\frac{(p-1)n-m}{m}a$$

$$Q=(p-1)b$$

Es läfst sich leicht nachweisen, dafs auch dieselbe Nebenstrophe jedenfalls durch den Punkt gehen mufs, dessen Coordinaten:

$$P=-\frac{n}{m}a, \text{ und } Q=-b$$

sind, daher man sich auch dieser Coordinaten bedienen kann.

Deuterostrophen. Für die erste Deuterostrophe der $p$ten Ordnung sind allgemein die Coordinaten des Bestimmungspunktes:

$$\alpha=\frac{pn-2m}{m}a \;,\; \beta=pb$$

und die Coordinaten des Bestimmungspunktes der untc-ren Nebenstrophe:

$$P=\frac{(p-1)n-2m}{2m}a$$

$$Q=\frac{1}{2}(p-1)b$$

Hierbei ist zu bemerken, dafs, weil der Werth von Q allemal ein ganzzähliges Multiplum von b seyn mufs, (während doch alle geradzähligen Werthe von p einen Bruchwerth für Q geben) durch diese Formeln nur die Deuterostrophen von ungeradzähliger Ordnung getroffen werden; was auch mit der Natur der Sache völlig übereinstimmt, da wir oben gesehen haben, dafs alle Deuterostrophen von geradzähliger Ordnung mit den Protostrophen zusammenfallen, und folglich mit ihnen zugleich ihre Erledigung gefunden haben.

Tritostrophen. Für die erste Tritostrophe der $p$ten Ordnung sind allgemein die Coordinaten des Bestimmungspunktes:

$$\alpha=\frac{pn-3m}{m}a\ ,\quad \beta=pb$$

und die Coordinaten des Punktes, durch welchen ihre untere Nebenstrophe läuft:

$$P=\frac{(p-1)n-3m}{3m}a$$

$$Q=\frac{1}{3}(p-1)b$$

oder auch:

$$P=\frac{(2p-1)n-6m}{3m}a$$

$$Q=\frac{1}{3}(2p-1)b$$

Diese doppelte Form, in welcher die Werthe von P und Q auftreten, hat ihren Grund darin, dafs nach dem Obigen alle drittzähligen Tritostrophen ausfallen, indem sie mit den Protostrophen identisch sind. Daher giebt auch jeder drittzählige Werth von p (oder $p=3g$) gar kein Resultat, weil die entsprechenden Strophen gar nicht selbstständig existiren. Die Formeln geben nämlich nur dann

dann ein wirkliches Resultat, wenn der Werth von Q ein ganzzähliges Multiplum von b ist; da nun zwischen je zwei zunächst auf einander folgenden drittzähligen Strophen zweierlei verschiedene andere Strophen enthalten sind, so mufs es auch für P und Q zweierlei Ausdrücke geben. Man hat aber in jedem besonderen Falle allemal denjenigen Ausdruck zu wählen, welcher für Q ein ganzzähliges Multiplum von b giebt. So sind z. B. für $p=4$ die beiden ersten Ausdrücke, für $p=2$ die beiden letzteren Ausdrücke zu benutzen.

Auf ähnliche Weise bestimmen sich die Werthe von P und Q für die Strophen der folgenden Klassen; weil aber diese niemals oder nur höchst selten in Rücksicht kommen dürften, so wollen wir die Betrachtung hiemit abbrechen.

Die allgemeinen (auch für die Tetartostrophen gültigen) Werthe von P und Q sind, wenn p die Ordnung und q die Klasse bestimmt:

$$P=\frac{(p-1)n-qm}{qm}a$$

$$Q=\frac{(p-1)b}{q}$$

oder auch:

$$P=\frac{[(q-1)p-1]n-q(q-1)m}{qm}a$$

$$Q=\frac{[(q-1)p-1]b}{q}$$

§. 6. Fortsetzung.

Nachdem wir in dem vorigen §. die Bestimmungspunkte der unteren Nebenstrophe für irgend eine beliebige erste Strophe aus den ersten vier Klassen aufgefunden haben, können wir nun zur Berechnung ihres horizontalen Abstandes schreiten.

Es waren α und β die Coordinaten des Bestimmungspunktes der ersten Strophe, P und Q die Coordinaten

des Bestimmungspunktes ihrer Nebenstrophe. Da nun beide Strophen einander parallel sind, so hat man nur die Gleichung der Nebenstrophe aufzusuchen, und es wird ihr, in der Axe der y liegender Parameter der gesuchte Horizontalabstand seyn.

Die durch den Punkt $(\alpha\beta)$ gegebene erste Strophe hat die Gleichung:

$$\frac{x}{\alpha}-\frac{y}{\beta}=0$$

Da ihr die Nebenstrophe parallel ist, so wird diese allgemein die Gleichung:

$$\frac{x}{\alpha}-\frac{y}{\beta}=1$$

haben; und da dieselbe Nebenstrophe zugleich durch den Punkt (PQ) geht, so wird:

$$\frac{x}{\alpha}-\frac{y}{\beta}=\frac{P}{\alpha}-\frac{Q}{\beta}$$

oder auch:

$$\frac{x\beta}{P\beta-Q\alpha}-\frac{y\alpha}{P\beta-Q\alpha}=1$$

die gesuchte Gleichung der Nebenstrophe seyn.

Der Horizontalabstand H irgend zweier Nebenstrophen des gegebenen Strophensystemes wird hiernach:

$$H=\frac{Q\alpha-P\beta}{\alpha}$$

Da nun die Breite des Cyclus $=mb$ ist, so bestimmt sich endlich c, oder die Coordinationszahl des Strophensystems durch:

$$c=\frac{mb\alpha}{Q\alpha-P\beta}$$

Substituirt man nun für α, β, P und Q entweder die besonderen Werthe, welche ihnen in den einzelnen Klassen der Strophen zukommen, oder auch die allgemeinen Werthe, welche zu Ende des letzten §. stehen, so erhält man jedenfalls:

$$c=\frac{m\alpha}{a}$$

mithin ganz allgemein für die Strophen der $p$ten Ordnung und $q$ten Klasse:

$$c = pn - qm$$

Es ist daher für sämmtliche Strophen die Coordinationszahl gleich der Coordinate a ihres Bestimmungspunktes, multiplicirt mit $\frac{m}{a}$. Diefs ist eines der von Braun aufgefundenen Gesetze.

Ist der Werth von c positiv, so hat die entsprechende Strophe gleichsinniges, ist er negativ, so hat sie widersinniges Aufsteigen mit den Archistrophen.

Dividirt man m durch c, so wird:

$$h = \frac{m}{c} = \frac{m}{pn - qm}$$

die Abstandszahl des gegebenen Strophensystemes, oder diejenige Zahl, welche, mit b multiplicirt, den horizontalen Abstand je zweier Nebenstrophen bestimmt.

§. 7. Bestimmung von $\frac{n}{m}$ aus den Coordinationszahlen.

Die Bestimmung der Charakteristik $\frac{n}{m}$ wird nicht immer hinreichend genau durch unmittelbare Messung zu erlangen seyn. Namentlich gilt diefs für den zusammengesetzten Quincunx, bei welchem es auf Kenntnifs zweier Zahlen m und n ankommt, während der einfache Quincunx, besonders bei kleineren Werthen von m, sehr leicht zu bestimmen ist, wenn man die in einer Horizontal-Linie liegenden Punkte aufsucht. Es hat die Schwierigkeit der Auffindung der Charakteristik ihren Grund zum Theil darin, dafs das Verhältnifs von $a:b$ in der Wirklichkeit ein mehr oder weniger veränderliches ist, selbst innerhalb geringer Längen, so dafs derselbe aliquote Theil von a nach oben und unten mit verschiedener Gröfse auftritt. Zwar ist bisweilen auf ansehnliche Längen eine solche Beständigkeit der Gröfse

a vorhanden, dafs man eine approximative Bestimmung von $\frac{n}{m}$ durch Messung zu geben vermag. Allein Braun machte schon aufmerksam darauf, wie unsicher diese directe Bestimmung defshalb werden könne, weil die verschiedenen, an einer und derselben Species vorkommenden Werthe von $\frac{n}{m}$ einander oft sehr nahe liegen; wie z. B. in den Coniferen die Werthe $\frac{8}{21}$, $\frac{13}{34}$, $\frac{21}{55}$.

Dafür hat Braun gezeigt, wie die Coordinationszahlen der Strophen ein vortreffliches Mittel an die Hand geben, um die Charakteristik mit grofser Genauigkeit durch eine blofse Abzählung zweier beliebiger Strophensysteme zu bestimmen.

Sobald wir nämlich von zwei verschiedenen Strophensystemen nicht nur die Klassenzahlen q und q', so wie die Ordnungszahlen p und p', sondern auch die Coordinationszahlen c und c' kennen, so sind alle, zur Bestimmung der Charakteristik erforderlichen Elemente gegeben.

Nach denen, zu Ende des vorigen Paragraph aufgefundenen Formeln ist nämlich:

$$c = pn - qm$$

und ebenso:

$$c' = p'n - q'm,$$

folglich wird:

$$\frac{n}{m} = \frac{cq' - c'q}{cp' - c'p}$$

Eine aufmerksame Betrachtung des Quincunx führt sogleich auf die Werthe von p, q, p' und q', und zwar um so leichter, da man in den meisten Fällen nur Protostrophen oder höchstens Deuterostrophen zu berücksichtigen hat. Die Werthe von c und c' aber lassen sich sehr leicht durch unmittelbare Abzählung der zu einem Cyclus gehörigen Strophen in horizontaler Richtung (rund um den Stamm oder Zapfen) auffinden.

Man wird also mit der gröfsten Leichtigkeit und Sicherheit zum Ziele gelangen. Nur hat man darauf zu achten, ob die beiden Strophen gleichsinnig oder widersinnig aufsteigen, in welchem letztern Falle entweder c oder ct' negativ zu nehmen ist.

Der in Taf. I. Fig. 1. abgebildete Quincunx von *Lepidodendron aculeatum* läfst z. B. auf den ersten Blick erkennen, dafs innerhalb eines vollständigen Cyclus die Protostrophen der zweiten Ordnung in der Zahl 5, die Protostrophen der dritten Ordnung in der Zahl 3 vorhanden sind; auch sieht man, dafs beide Strophen widersinniges Aufsteigen haben; es ist also:

$$c = -5 \quad , \quad c' = 3$$
$$p = 2 \quad , \quad p' = 3$$
$$q = 1 \quad , \quad q' = 1$$

und folglich wird $\frac{n}{m} = \frac{8}{21}$.

Macht man die Bestimmung von den Protostrophen der zweiten Ordnung und den Deuterostrophen der fünften Ordnung abhängig, welche beide gleichsinniges Aufsteigen haben, während die letzteren in der Zahl 2 vorhanden sind, so wird:

$$c = 5 \quad , \quad c' = 2$$
$$p = 2 \quad , \quad p' = 5$$
$$q = 1 \quad , \quad q' = 2$$

und abermals $\frac{n}{m} = \frac{8}{21}$.

Nach dieser Methode kann man die quincunciale Anordnung auf den jungen Stämmen so wie auf den Zapfen der verschiedenen Species von *Pinus* mit eben so viel Leichtigkeit als Sicherheit bestimmen, und wird gewöhnlich $\frac{8}{21}$ oder $\frac{13}{34}$ als diejenigen Zahlen finden, welchen diese Anordnung unterworfen ist. Die erste Nachweisung dieser Bestimmungsmethode der Charakteristik ist ohne Zweifel eines der schönsten Resultate der Braunschen Untersuchungen.

Erhält man für $\frac{n}{m}$ einen Bruch, dessen Zähler und Nenner gemeinschaftlich durch 2, 3 u. s. w. theilbar sind, so ist diefs ein Beweis, dafs sich der Cyclus zweimal, dreimal u. s. w. wiederholt, und dann ist der gefundene Bruch in seinem einfachsten numerischen Ausdrucke als die eigentliche Charakteristik des Quincunx anzusehen. So würde z. B. $\frac{16}{42}$ eine Ausbildung des Quincunx nach $\frac{8}{21}$ in zweimaligem Cyclus anzeigen.

Braun hat gezeigt, dafs bei einer und derselben Species verschiedene Werthe von $\frac{n}{m}$ vorkommen können, obgleich es scheint, dafs sich allemal einer dieser Werthe gewissermafsen als Normalwerth ansehen läfst. So fand er z. B. an *Pinus Abies* und *Pinus sylvestris* gewöhnlich $\frac{8}{21}$ und $\frac{13}{34}$, aber auch $\frac{21}{55}$, ja, an ganz jungen Pflänzchen sogar $\frac{5}{13}$ und $\frac{3}{8}$. Es scheint diefs darin seinen Grund zu haben, dafs die Natur aus der Richtung der normalen Grundzeilen in die der nächst anliegenden Strophen der ersten Ordnung überspringen kann, und wohl sogar überspringen mufs, wenn die Dimensionen des Zweiges oder Stammes entweder zu klein oder zu grofs sind, als dafs sich das eigentliche Grundverhältnifs ausbilden könnte. Dann wird sich die entsprechende Strophe in die verticale Richtung werfen, und der Quincunx selbst nach einem andern Gesetze, weil nach einer anderen Charakteristik, ausgebildet zeigen. Diese abgeleiteten Varietäten des Quincunx werden jedoch immer mit der Normal-Varietät in einem bestimmten Zusammenhange stehen. Für den Normal-Quincunx nach $\frac{8}{21}$ ergeben sich z. B. folgende abgeleitete Varietäten, je nachdem diese oder jene Strophe der ersten Ordnung vertical wird; es liefert:

die Archistrophe einen Quincunx nach	$\frac{3}{8}$
die Protostrophe der ersten Ordnung	$\frac{5}{13}$
die Deuterostrophe der ersten Ordnung	$\frac{13}{34}$
die Tritostrophe der ersten Ordnung	$\frac{21}{55}$

welches die von **Braun** beobachteten Zahlen sind. Die **unteren** Protostrophen und die **unteren** Deuterostrophen der ersten Ordnung liefern noch außerdem die Werthe $\frac{8}{29}$ und $\frac{21}{30}$ u. s. w. Ueberhaupt bildet ein jedes Strophensystem **in sich selbst** abermals einen Quincunx, dessen Zeilen jedoch nicht vertical, sondern schräg gestellt sind, und es bedarf daher nur des Ueberspringens in die verticale Richtung, um den normalen Quincunx in einen andern zu verwandeln. Dafs aber ein solches Ueberspringen am leichtesten für die Strophen der ersten Ordnung eintreten kann, liegt wohl in der Natur der Sache.

§. 8. Eminente oder vorherrschende Strophen.

Unter den zahllosen Strophen, welche sich namentlich im zusammengesetzten Quincunx nachweisen lassen, sind es immer einige, welche, nach Mafsgabe der verschiedenen Werthe von m, n, a und b, einen besonders **eminenten** Charakter besitzen, am meisten in die Augen fallen, und daher die Physiognomie der ganzen Erscheinung vorzugsweise bestimmen. Sie sind gewissermafsen als die charakteristischen Lineamente dieser Physiognomie zu betrachten, und defshalb mit allem Rechte als **eminente** oder **vorherrschende** Strophen zu bezeichnen. In Taf. I. Fig. 1. geben sich z. B. die Protostrophen der zweiten und dritten Ordnung als dergleichen eminente Strophen zu erkennen; nächst ihnen sind es die Archistrophen und die Deuterostrophen der fünften Ordnung, welche sich am meisten geltend machen. Im einfachen Quincunx sind die Archistrophen **gewöhnlich**, im zusammengesetzten Quincunx aber **nicht immer** als eminente zu betrachten.

Man sieht leicht, auf welches Verhältnifs sich dieser mehr oder weniger eminente Charakter der Strophen eigentlich gründet. Es ist die **Distanz** der einzelnen Punkte innerhalb der verschiedenen Strophen, oder die Gröfse $\sqrt{\alpha^2+\beta^2}$, von welcher dieser Werth derselben

abhängig seyn mufs. Diejenigen Strophen werden sich als die bedeutsamsten hervorheben, in welchen die Punkte am nächsten beisammen liegen, oder die kleinste gegenseitige Distanz besitzen.

Weil wir es bei jeder quincuncialen Anordnung mit einzeln stehenden Punkten, also mit discontinuirlichen Elementen zu thun haben, so lassen sich freilich die gewöhnlichen Gesetze für die Bestimmung des Minimums gar nicht in Anwendung bringen. Denn, wollte man auch den allgemeinen Ausdruck der Punktdistanz $\sqrt{\alpha^2+\beta^2}$ differentiiren, und den Bedingungswerth des Minimums ableiten, so würde man nie auf etwas Anderes gelangen, als, auf die Normale aus dem Anfangspunkte A auf die betreffende Archistrophe, welche Linie doch nur in ganz besonderen Fällen einen wirklichen Punkt des Quincunx treffen kann.

Indessen werden wir doch von dieser Normale Gebrauch machen können, um wenigstens in jedem einzelnen Falle die Bestimmung der vorherrschenden Strophen zu erlangen. Denkt man sich nämlich aus dem Mittelpunkte des Axensystemes (also aus dem Punkte A in Taf. I. Fig. 1.) eine Normale AN auf die Archistrophen gezogen, so ist einleuchtend, dafs diejenige Strophe irgend einer Klasse, welche mit dieser Normale zusammenfiele unter allen Strophen derselben Klasse die eminenteste seyn müfste. Sie würde sogar die Archistrophe an Bedeutung übertreffen, wenn ihre Punktdistanz kleiner wäre als $\frac{n}{m}a$

Wenn sich nun aber auch eine solche Coincidenz der Normale mit einer Strophe nur in ganz singulären Fällen voraussetzen läfst, so führt uns doch diese Betrachtung zu der nächsten Folgerung, dafs in einer jeden Strophenklasse eine von denjenigen beiden Strophen am meisten hervortreten müsse, welche die Normale zunächst einschliefsen, oder, deren Bestim-

mungspunkte dem Minimumpunkte, oder dem Durchschnittspunkte jener Normale mit der betreffenden Archistrophe am nächsten liegen.

Es kommt also in jedem besonderen Falle zuvörderst darauf an, diese beiden, dem Minimumpunkte der betreffenden Archistrophe am nächsten gelegenen Punkte kennen zu lernen, was nur dadurch möglich ist, dafs man den Minimumpunkt selbst bestimmt.

Nun ist die Gleichung der $q$ten Archistrophe:

$$\frac{x}{na}-\frac{y}{mb}=-\frac{q-1}{n}$$

und die Gleichung ihrer Normale aus dem Anfangspunkte

$$\frac{x}{mb}+\frac{y}{na}=0$$

folglich werden die Coordinaten ξ und v des Minimumpunktes in der $q$ten Archistrophe:

$$\xi=-\frac{m^2(q-1)ab^2}{n^2a^2+m^2b^2}$$

$$\xi=\frac{mn(q-1)a^2b}{n^2a^2+m^2b^2}$$

Für die Protostrophen ist $q=2$, und daher:

$$\xi=-\frac{m^2ab^2}{n^2a^2+m^2b^2}$$

$$v=\frac{mna^2b}{n^2a^2+m^2b^2}$$

Es ist nun besonders der Werth von v, welcher in jedem Falle zunächst als Anhalten dient. Will man nämlich für irgend einen, durch seine Elemente gegebenen Quincunx wissen, welche Protostrophen eminent seyn werden, so bestimmt man zuvörderst den Werth von v, welcher in der Regel zwischen irgend zwei, zunächst auf einander folgende ganze Zahlen t und $t+1$ fallen wird. Man findet so, dafs die $t$te und $(t+1)$te Protostrophe diejenigen sind, welche die Normale einschliefsen. Diejenige von diesen beiden Protostrophen aber, für welche der Werth der Coordinate β ihres Bestim-

nungspunktes dem Werthe von v am nächsten kommt, ist es, welche in der Erscheinung am auffallendsten hervortreten muſs. Ganz auf ähnliche Weise verfährt man für die Deuterostrophen u. s. w.

Sollen in einem und demselben Quincunx $\left(\text{oder bei gleichem Werthe von } \frac{n}{m}\right)$ immer dieselben Strophen (z. B. die $t$te) als eminente hervortreten, so muſs v stets $>(t-\frac{1}{2})b$ und $<(t+\frac{1}{2})b$ seyn; diese Bedingung führt auf die andere, daſs:

$$\frac{a^2}{b^2} > \frac{(t-\frac{1}{2})m^2}{mn-(t-\frac{1}{2})n^2}$$

und:

$$\frac{a^2}{b^2} < \frac{(t+\frac{1}{2})m^2}{mn-(t+\frac{1}{2})n^2}$$

seyn muſs.

Soll die Normale immer zwischen dieselben beiden Strophen (die $t$te und $(t+1)$te) fallen, wie verschieden sich auch das Verhältniſs von $a:b$ herausstelle, so muſs doch jedenfalls:

$$\frac{a^2}{b^2} > \frac{tm^2}{n(m-tn)}$$

und:

$$\frac{a^2}{b^2} < \frac{(t+1)m^2}{n[m-(t+1)n]}$$

seyn, womit man die Gränzen kennen lernt, zwischen welchen bei jener Voraussetzung das Verhältniſs von a und b schwanken kann.

Weil für $t=\frac{m}{n}$ die Gröſse $\frac{a^2}{b^2}=\infty$ wird, so muſs die Normale der zweiten Archistrophe immer diesseits oder unterhalb desjenigen Punktes eintreffen, dessen Ordnungszahl zunächst gröſser ist als $\frac{m}{n}$. Daher

kann auch niemals eine Protostrophe eminent seyn, deren Ordnungszahl grösser als $\frac{m}{n}+1$ ist.

In *Lepidodendron aculeatum* z. B., wo $\frac{n}{m}=\frac{8}{21}$, mufs die Normale immer nothwendig unter dem dritten Punkte der zweiten Archistrophe einkommen, weil 3 die nächste ganze Zahl über $\frac{21}{8}$ ist. Gewöhnlich sind die Protostrophen der zweiten und dritten Ordnung vorherrschend; soll nun diefs jederzeit der Fall seyn, so mufs die Normale auch immer oberhalb des zweiten Punkts einkommen, oder es mufs stets:

$$\frac{a^2}{b^2}>\frac{882}{40}$$

und folglich:

$$\frac{a}{b}>4,696\,..$$

seyn. So lange also in *Lepidodendron aculeatum* und in denen Coniferen, für welche $\frac{n}{m}=\frac{8}{21}$ ist, das Verhältnifs von $a:b$ grösser ist, als z. B. 5:1, so werden auch die zweite und dritte Protostrophe diejenigen seyn, welche unter allen Protostrophen am auffallendsten hervortreten; und diefs wird gelten für alle grösseren Verhältnisse, welche überhaupt vorkommen können.

§. 9. Der einfache Quincunx, mit $n=1$.

Alle vorhergehenden Betrachtungen finden ihre unmittelbare Anwendung auf den einfachen Quincunx, sobald man $n=1$ setzt. Wir wollen die verschiedenen Varietäten des einfachen Quincunx als binären, ternären, quaternären Quincunx u. s. w. unterscheiden, je nachdem m den Werth 2, 3, 4 u. s. w. hat.

Während die in §. 4. aufgestellten allgemeinen Resultate über die Selbstständigkeit der secundären Strophen ihre volle Gültigkeit behaupten, so folgt aus

der dort mitgetheilten Tabelle, nach Substitution des Werthes von $n=1$, dafs in jedem binären Quincunx die Protostrophen der zweiten Ordnung, in jedem ternären Quincunx die Protostrophen der dritten Ordnung, und überhaupt in jedem einfachen $m$zähligen Quincunx die Protostrophen der $m$ten Ordnung horizontal werden müssen, weil sich für selbige die Coordinate a des Bestimmungspunktes auf 0 reducirt.

Die Coordinationszahl der Strophen ist abermals durch dieselben Werthe gegeben, wie in §. 6., und daher allgemein für die Strophe der $p$ten Ordnung der $q$ten Klasse:

$$c=p-qm.$$

Der einfache Quincunx scheint gewöhnlich in mehrfacher, und häufig in sehr vielfacher Wiederholung der Cyclen ausgebildet zu seyn. Namentlich gilt diefs vom binären Quincunx, welcher auf der Oberfläche der Sigillarien, in den Calamiten und anderen Pflanzen nicht selten in 20-, 30- und mehrfacher Wiederholung ausgebildet zu sehen ist.

Der einfache Quincunx ist es auch, welcher den meisten wirteligen Blattstellungen zu Grunde liegen dürfte. Die paarweise gegenüberstehenden Blätter mit alternirenden Paaren (die alternirenden zweigliedrigen Wirtel) entsprechen z. B. einem in zwei Cyclen ausgebildeten binären Quincunx, und alle übrigen Blattwirtel folgen ganz einfach aus gewissen Varietäten des einfachen Quincunx, welcher in mehrfach wiederholten Cyclen zur Ausbildung gelangt ist.

Die Bestimmung der Charakteristik $\frac{1}{m}$ hat in der Regel gar keine Schwierigkeit, und wird man nur selten nöthig haben, defshalb die Coordinationszahlen zu benutzen, weil man nur von irgend einem Punkte aus die nächst gegebenen in horizontaler Richtung liegenden Punkte zu bestimmen braucht, um die Anzahl der Zeilen

abzuzählen, innerhalb welcher sich der Cyclus einmal vollendet, d. h. um die Zahl m zu finden.

Die eminenten Strophen können sich auch im einfachen Quincunx sehr verschiedentlich bestimmen; doch werden sie immer den allgemeinen Gesetzen des §. 8. unterworfen seyn. Was den binären Quincunx insbesondere betrifft, so ist für ihn $m=2$, und $n=1$, folglich:

$$v=\frac{2a^2b}{a^2+4b^2}$$

Sollen nun in diesem Quincunx z. B. die Protostrophen der ersten Ordnung eminent werden, so mufs v immer $>\frac{1}{2}b$ und $<\frac{3}{2}b$ seyn, woraus folgt, dafs:

$$\frac{a}{b}>\sqrt{\tfrac{4}{3}} \text{ und } <\sqrt{12}$$

seyn müsse. Liegt also das Verhältnifs $a:b$ nicht zwischen diesen Gränzen, so werden auch die Protostrophen der ersten Ordnung nicht sehr hervortreten, sondern, wenn $a:b<\sqrt{\frac{4}{3}}$, so werden die verticalen, und wenn $a:b>\sqrt{12}$, so werden die horizontalen Reihen die eminentesten seyn.

II. Vom kreisförmigen oder concentrischen Quincunx.

§. 10. Einleitung und Bestimmung der Archispiralen.

Wenn der Quincunx nicht auf cylindrischen oder doch fast cylindrischen Stämmen, sondern auf hemisphärischen oder scheibenförmigen Anthoklinien und ähnlich gebildeten Fundamenten zur Ausbildung gelangt ist, so werden die, bisher parallel angenommenen, Zeilen nach dem Mittelpunkte des Fundamentes hin convergiren, und daselbst zusammentreffen. Dann kommen Erscheinungen zum Vorschein, welche eigentlich, wegen der Variabilität der Gröfse a und der Verschiedenheit der krummen Oberfläche des Fundamentes, ziemlich complicirt werden müssen, dennoch aber, unter gewissen Voraussetzungen, nach ihrer Gesetzmäfsigkeit leicht erforscht werden kön-

nen. Wir werden uns an gegenwärtigem Orte nicht auf die Beschaffenheit der krummen Oberfläche der conoidalen, hemisphäroidischen, scheibenförmigen Anthoklinien und Periklinien einlassen, sondern lediglich die Horizontal-Projection des concentrischen Quincunx in der Voraussetzung betrachten, dafs a einen constanten Werth habe.

Der concentrische oder kreisförmige Quincunx kann, eben so wie der parallelreihige Quincunx, etweder mit einmaligem oder mit wiederholtem Cyclus ausgebildet seyn. Im ersteren Falle ist der Kreis in m Intervalle getheilt, und die ganze quincunciale Anordnung innerhalb solcher absolvirt. Im zweiten Falle kommt es darauf an, wie oft sich der Cyclus wiederholt. Setzt man die Anzahl der Cyclen $= w$, so zerfällt der Kreis zunächst in w Sectoren, deren jeder einzelne wiederum in m Intervalle getheilt ist, innerhalb welcher die quincunciale Anordnung sich erfüllt, so dafs solche überhaupt w Male vorhanden ist. In beiden Fällen aber sind die den Intervallen entsprechenden Radien die Aequivalente der Zeilen oder verticalen Reihen des parallelreihigen Quincunx, welche Zeilen also auch hier geradlinig geordnete Punkte enthalten, nur dafs die geraden Linien radial gestellt sind.

Die Grundvorstellung des kreisförmigen Quincunx mit einmaligem Cyclus ist daher folgende. Ein Kreis ist durch m aequidistante Radien in eben so vielen Sectoren oder Intervalle getheilt, so dafs jedes Intervall $= \frac{2\pi}{m}$; jeder dieser Radien enthält aequidistante Punkte, deren gegenseitige Entfernung $= a$; allein die Punkte eines jeden Radius sind gegen die Punkte des nächst vorhergehenden Radius um $\frac{n}{m}a$ verschoben, oder um so viel weiter vom Mittelpunkte entfernt. Die Fig. 2. Taf. I. stellt einen solchen Quincunx nach der Charakteristik $\frac{8}{21}$ vor.

Man kann diese Grundvorstellung auch so auffassen. Ein Radius Vector MA durchläuft den Kreis, und macht dabei m Stationen oder Intervalle, so dafs jede Station von der anderen durch das Intervall $\frac{2\pi}{m}$ getrennt wird; ein beweglicher Punkt P bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit aus dem Mittelpunkte M im Radius Vector, und durchläuft innerhalb eines jeden Intervalles die Länge $\frac{n}{m}a$. Dieselbe Bewegung wird von einem zweiten Punkt P' vollzogen, welcher vom ersten Punkte um die Distanz a entfernt ist, u. s. w. Die Stationen, welche diese beweglichen Punkte successiv in den Radien der verschiedenen Intervalle einnehmen, bestimmen uns die Stellung der einzelnen Punkte derjenigen Linien MP, MP', MP'' u. s. w., welche wir als die Aequivalente der Archistrophen des parallelreihigen Quincunx zu betrachten haben. Da nun diese Linien, wie wir gleich sehen werden, nothwendig Spiralen seyn müssen, so können wir sie die Archispiralen nennen, und als erste, zweite, dritte Archispirale unterscheiden, je nachdem sie vom ersten, zweiten, dritten Punkte des Radius Vector beschrieben werden.

Um nun diese Linien näher zu bestimmen, dazu wollen wir die, in der ganzen Erscheinung indicirten polaren Coordinaten zu Grunde legen. Die Intervalle b des parallelreihigen Quincunx sind hier durch einen Winkel $v=\frac{2\pi}{m}$ gegeben, und die den Winkeln entsprechenden Radien r sind das Aequivalent der Zeilen.

In der ersten Archispirale ist nun:

für $v= 0$, $r= 0$

- $v=\frac{2\pi}{m}$, $r=\frac{n}{m}a$

- $v=2\frac{2\pi}{m}$, $r=\frac{2n}{m}a$

$$\text{für } v=3\frac{2\pi}{m}\quad,\quad r=\frac{3n}{m}a$$

und überhaupt:

$$\text{für } v=t\frac{2\pi}{m}\quad,\quad r=\frac{tn}{m}a$$

oder, indem man für t seinen Werth $\frac{mv}{2\pi}$ substituirt, allgemein:

$$r=\frac{v}{2\pi}na$$

welches die gesuchte Gleichung der ersten Archispirale MP ist; man ersieht aus dieser Gleichung, dafs die Linie eine Varietät der Archimedischen Spirale ist.

Was die zweite, oder die nächste innere Archispirale MP' (das Aequivalent der zweiten unteren Archistrophe) betrifft, so bestimmt sich dieselbe in folgender Weise. Wir wissen aus §. 5., dafs die Coordinaten eines der Punkte, durch welchen die zweite Archistrophe geht:

$$P=-a \text{ und } Q=0$$

sind. Im concentrischen Quincunx bestehen diese Verhältnisse unverändert fort, nur dafs die Coordinate P dem Radius Vector r, die Coordinate Q dem Bogen v entspricht. Uebrigens aber mufs in dieser zweiten Spirale dasselbe Gesetz stattfinden, wie in der ersten, dafs nämlich je zwei, im Kreise um $\frac{2\pi}{m}$ entfernte Punkte im Radius Vector um $\frac{n}{m}a$ aus einander liegen. Also wird:

$$\text{für } v=0\quad,\quad r=-a$$

$$-\;\; v=\frac{2\pi}{m}\quad,\quad r=-a+\frac{n}{m}a$$

$$-\;\; v=2\frac{2\pi}{m}\quad,\quad r=-a+\frac{2n}{m}a$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$-\;\; v=t\frac{2\pi}{m}\quad,\quad r=-a+\frac{tn}{m}a$$

oder,

oder, nach Substitution des Werthes von t,

$$r=a\left[\frac{v}{2\pi}n-1\right]$$

die Gleichung der zweiten Archispirale. Eben so findet sich die Gleichung der dritten Archispirale:

$$r=a\left[\frac{v}{2\pi}n-2\right]$$

und allgemein, die Gleichung der $s$ten Archispirale:

$$r=a\left[\frac{v}{2\pi}n-s+1\right]$$

§. 11. Bestimmung der secundären Spiralen.

Was die secundären Spiralen betrifft, so werden solche, gerade so wie die secundären Strophen in §. 3., in Klassen und Ordnungen zu bringen seyn, von welchen sich jene durch die Ordinalzahl der entsprechenden Archispirale, diese durch die Ordinalzahl des entsprechenden Punktes in solcher Archispirale bestimmt. Wir haben also die Klassen der Protospiralen, der Deuterospiralen, der Tritospiralen u. s. w., und in jeder dieser Klassen die Spiralen der ersten, zweiten, dritten Ordnung u. s. w. zu unterscheiden.

Die, mit den Archistrophen gleichsinnig gewundenen Spiralen haben positive Werthe von v und r, die widersinnig gewundenen Spiralen dagegen negative Werthe; beide beginnen vom ersten Radius (*MA* Taf. I. Fig. 2.) aus nach entgegengesetzten Richtungen.

Jede Art von Spiralen ist innerhalb des vollständigen Cyclus 2π in einer bestimmten Anzahl vorhanden, und diese Coordinationszahl c ist genau dieselbe, wie jene der gleichnamigen Strophen im parallelreihigen Quincunx; also:

$$c=pn-qm$$

Eben so ist die Abstandszahl h der coordinirten Spiralen:

$$h=\frac{m}{pn-qm}$$

nur dafs hier solcher Abstand durch Winkel oder Kreisbogen gemessen wird.

Die Bestimmung der Charakteristik des Quincunx aus den Coordinationszahlen zweier verschiedener Systeme von Spiralen erfolgt hier, gerade so wie im parallelreihigen Quincunx.

Man bestimmt die secundären Spiralen am leichtesten vom Mittelpunkte M aus, indem man denselben Ausgangspunkt des Radius Vector zu Grunde legt. Da gewöhnlich nur die Spiralen der beiden ersten Klassen in Rücksicht kommen werden; so wollen wir uns auch auf sie beschränken.

Für die Protospiralen der $p$ten Ordnung sind allgemein die Coordinaten des Bestimmungspunktes:

$$\alpha = r = \frac{pn - m}{m} a$$

$$\beta = v = p \frac{2\pi}{m}$$

Die erste Spirale einer jeden Ordnung beginnt, eben so wie die erste Archispirale, im Mittelpunkt selbst; daher ist in ihr:

$$\text{für } v = 0 \quad , \quad r = 0$$

$$- \quad v = p\frac{2\pi}{m} \quad , \quad r = \frac{pn - m}{m} a$$

$$- \quad v = tp\frac{2\pi}{m} \quad , \quad r = \frac{t(pn - m)}{m} a$$

und folglich wird die Gleichung aller ersten Protospiralen:

$$r = \frac{a}{p}\left[\frac{v}{2\pi}(pn - m)\right]$$

Um die Gleichungen der übrigen zu finden, verfährt man folgendermafsen. Die Coordinate des Punktes, durch welchen die eine Nebenstrophe der ersten Protostrophe $p$ter Ordnung geht, waren nach §. 5.:

$$P = \frac{(p - 1)n - m}{m} a$$

$$Q = (p - 1)b$$

Diese Werthe haben auch noch im concentrischen Quincunx ihre volle Gültigkeit; nur ist $b=\frac{2\pi}{m}$ zu setzen. Daher wird für die erste Nebenspirale zuvörderst:

$$\text{für } v=(p-1)\frac{2\pi}{m}$$

$$r=\frac{(p-1)n-m}{m}a$$

Aufserdem aber gilt die Regel, dafs für jeden Zuwachs des Bogens v um $tp\frac{2\pi}{m}$ der Radius Vector um $\frac{t(pn-m)}{m}a$ wachsen mufs, so dafs für:

$$v=(p-1+tp)\frac{2\pi}{m}$$

$$r=\frac{a}{m}[(p-1)n-m+t(pn-m)]$$

wird. Setzt man in diesem Ausdruck von r statt t dessen Werth $\frac{mv}{p2\pi}-\frac{p-1}{p}$, so wird:

$$r=\frac{a}{p}\left[\frac{v}{2\pi}(pn-m)-1\right]$$

die allgemeine Gleichung der zweiten Protospiralen $p$ter Ordnung. Ueberhaupt aber findet man sehr leicht, dafs die $s$te Protospirale $p$ter Ordnung die allgemeine Gleichung:

$$r=\frac{a}{p}\left[\frac{v}{2\pi}(pn-m)-s+1\right]$$

haben müsse.

Für die Deuterospirale der $p$ten Ordnung sind, in Uebereinstimmung mit §. 5., die Coordinaten des Bestimmungspunktes:

$$\alpha=r=\frac{pn-2m}{m}a$$

$$\beta=v=p\frac{2\pi}{m}$$

Die **erste** Spirale einer jeden Ordnung beginnt wiederum im Mittelpunkte selbst; also wird in ihr:

$$\begin{array}{lll} \text{für } v=0 & , & r=0 \\ \text{-}\quad v=p\dfrac{2\pi}{m} & , & r=\dfrac{pn-2m}{m}a \\ \text{-}\quad v=tp\dfrac{2\pi}{m} & , & r=\dfrac{t(pn-2m)}{m}a \end{array}$$

oder, nach Substitution des Werthes von t,

$$r=\frac{a}{p}\left[\frac{v}{2\pi}(pn-2m)\right]$$

die Gleichung aller **ersten** Deuterospiralen.

Wiederholt man nun dieselbe Folge von Schlüssen, wie bei den Protospiralen, so erhält man allgemein für die $s$te Deuterospirale der $p$ten Ordnung die Gleichung:

$$r=\frac{a}{p}\left[\frac{v}{2\pi}(pn-2m)-s+1\right]$$

Man sieht nun schon, welche Gleichungen den Spiralen der höheren Klassen zukommen werden, welche wir jedoch an gegenwärtigem Orte vernachlässigen können.

Weil die Gleichungen aller möglichen Spiralen unter der allgemeinen Form:

$$r=\frac{v}{2\pi}M+N$$

enthalten sind, so folgt, dafs diese Linien insgesammt Varietäten der Archimedischen Spirale seyn müssen. Wie also die **logarithmische** Spirale im Gebiete der **Mollusken**, so spielt die **Archimedische** Spirale eine sehr wichtige Rolle im Gebiete des **Pflanzenreiches**, und namentlich in den **Inflorescenzen** vieler Pflanzen. Man könnte daher auch diese letztere Spirale die **Anthospirale** nennen, so wie ich mir erlaubt habe, die erstere mit dem Namen **Conchospirale** zu belegen.

Wenn der concentrische Quincunx nicht in **einmaligem**, sondern in **wiederholtem** Cyclus ausgebildet ist, so absolvirt sich jeder Cyclus innerhalb des Sectors $\frac{2\pi}{w}$; die Intervalle des einfachen Cyclus werden daher

$\frac{2\pi}{mw}$. Allein innerhalb dieser Intervalle wird sich ganz dasselbe Verhältnifs wiederholen, wie bei dem mit einmaligem Cyclus abgeschlossenen Quincunx. Je zwei, um $\frac{2\pi}{w}$ distante Radien werden genau dieselben Erscheinungen zeigen; im Allgemeinen aber werden die Archispiralen nur mit kurzen Bogen ausgebildet seyn, welche sich in ihrer Form und Lage immer mehr den Radien nähern, je gröfser die Wiederholungszahl w und das Verhältnifs von $a:b$ sind.

II. *Nachtrag zu der Thermo-Elektricität des Topases; von Dr. Hankel.*

Ich habe im 50sten Bande dieser Annalen (S. 242 — 244) das Ergebnifs meiner Versuche über Thermo-Elektricität des Topases mitgetheilt, und gleich im Anfange erwähnt, dafs die von mir an diesem Mineral gefundene Vertheilung der Elektricität ganz von derjenigen verschieden sey, welche Erman beobachtet habe. Ich erwähnte auch, dafs ich keine Ausnahme von meinem Gesetz bemerkt hätte, obwohl ich zahlreiche Versuche sowohl an sächsischen als sibirischen Krystallen, und zuletzt auch noch an einem schönen brasilianischen angestellt, und dafs mir defshalb das von Erman aufgestellte Gesetz nicht richtig zu seyn schiene.

Da diese Versuche über den Topas früher beendigt waren, ehe ich die Versuche über den Quarz, den Titanit und der Boracit angestellt hatte, also zu einer Zeit, wo ich ein Vorhandenseyn mehrerer elektrischen Axen beim Topas nicht vermuthen konnte, so begann ich die Untersuchung desselben nochmals, indem Erman's doch

ohne Zweifel sichere Beobachtungen allein in dem Vorhandenseyn mehrerer elektrischen Axen, und in dem Vorherrschen der einen oder der anderen unter ihnen, mir ihren Grund zu haben schienen. Ich suchte mir mehrere brasilianische Krystalle zu verschaffen, und zufällig zeigte gleich der zuerst untersuchte, den ich durch die Gefälligkeit des Hrn. v. Sack erhalten hatte, ziemlich dasselbe Verhalten, das Erman beobachtet hatte. Doch es ist nöthig, die einzelnen Versuche anzuführen, indem weder das von Erman, noch das von mir aufgestellte Gesetz, noch auch beide zusammen vollständig sind.

I.

Der erste Krystall war ein sibirischer von Nertschinsk, dessen Gröfse in Taf. I. Fig. 4. abgebildet ist. Die Prismenflächen sind gewissermafsen abgewickelt, und haben ihre natürliche Gröfse. Die Pyramidenflächen mufsten dabei verkleinert, so wie umgekehrt die Flächen des horizontalen Prismas vergröfsert werden. Es ergiebt sich übrigens aus der Gröfse der Prismenflächen und der Höhe des Krystalles die wirkliche Gröfse dieser in der Zeichnung veränderten Flächen von selbst. Ich wufste keine andere Art der Darstellung, die es mir erlaubte, auch zu gleicher Zeit die elektrischen Pole einzutragen. Es ist stets die erste Fläche links mit 1 bezeichnet, die Fläche rechts daneben mit 2 u. s. w. Das untere durch die Fläche senkrecht gegen die Axe begränzte Ende habe ich *b* (in den Zeichnungen findet sich nur der Buchstabe *b* hingesetzt), das obere ausgebildete dagegen im Allgemeinen *a* genannt; hier jedoch, wo es zum gröfsten Theil durch die zwei Flächen eines horizontalen Prismas gebildet wird, vorzugsweise die gröfsere der beiden Flächen mit *a*, und die kleinere mit *a'* bezeichnet. Ist in Taf, I. Fig. 3. *egfh* der Querschnitt des Priasmas ∞P, und *gh* die Brachydiagonale, *ef* die Makrodiagonale, so liegen die Flächen 1 und 2 auf der einen Seite des brachydiagonalen Hauptschnittes, und die Flächen 3 und 4

auf der andern. Dasselbe gilt von den Flächen des anderen Prismas $\infty \breve{P}2$, dessen Querschnitt *cdef* ist; bei ihm ist die Brachydiagonale doppelt so grofs als bei dem Querschnitt des Prismas *egfh*. (In dem brachydiagonalen Hauptschnitte liegt zugleich auch die Ebene der optischen Axen.) An dem Krystall *I* ist die gröfste Fläche des horizontalen Prismas *a* diejenige, welche auf der Kante der Flächen 1 und 2 aufsitzt, Taf. I. Fig. 4. Der Krystall wird überhaupt begränzt von den Flächen des verticalen Prismas $\infty \breve{P}2$ (1—4), (die Flächen des Prismas ∞P waren nur durch die Streifung angedeutet), von den Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$.(*a* und *a'*), und den Flächen der Pyramide *P*, welche letztern aber sehr klein waren. Die Kanten 1.4 und eben so 3.4 waren verletzt, besonders erstere.

Ich werde, um nicht die Anzahl der Figuren zu sehr zu vermehren, meist nur bei einer Lage des Krystalles durch Zeichnungen die Vertheilung der Elektricität angeben. Der Krystall lag wieder, wie früher, auf einer leitenden Unterlage, so dafs durch die Ableitung der Elektricität des aufliegenden Poles (oder auch zweier) die Elektricität der andern Pole geändert wird. Die Erwärmung geschah ziemlich rasch, und stets nur bis etwas über 100° C.

1) Krystall auf *b* gelegt. Beim Erwärmen alle Flächen — (aufser *b*, dessen + Elektricität abgeleitet wird). Beim Abkühlen alle Flächen + (aufser *b*, dessen — Elektricität jetzt fortgeleitet wird).

2) Krystall auf *a* gelegt [1]). Beim Abkühlen alle Flächen —. Am stärksten jedoch ist das — auf der

1) Beim Erwärmen gelingt oft wegen Mangels an Zeit die Beobachtung nicht recht, und in solchen Fällen, wo ich nicht die Vertheilung der Elektricität am ganzen Krystall angeben kann, übergehe ich sie lieber ganz. Sie ist auch immer der Vertheilung bei der Abkühlung entgegengesetzt.

Kante 3.4, schwach auf 1.4, und am schwächsten auf 2.3. Selbst *a'* war —. (Die Endpunkte der Hauptaxe zeigen die ihnen zukommende Elektricität immer stark, daher sie nicht in Vergleich mit den Prismenflächen gesetzt sind.)

3) Krystall auf *a'* gelegt. Beim Erwärmen Alles +, beim Abkühlen Alles —, nur *a* war ganz in der Nähe der Kante *aa'* noch +.

Diese Versuche beweisen offenbar, dafs nach der Hauptaxe eine elektrische Vertheilung stattfindet, und dafs das früher von mir aufgestellte Gesetz also richtig (nur nicht ausreichend) ist. Der früher von mir angewendete Krystall glich dem jetzt untersuchten vollkommen, selbst in der Ausdehnung der Flächen. Ich führe die mit demselben angestellten Versuche nicht weiter an, da er zum Theil durch eine zu hohe Temperatur zersprungen war, und nichts Neues sich zeigte.

4) Krystall auf 1 gelegt. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, *b*—; 2 nach 1 hin 0; 2 nach 3 hin +; 3 ist 0; 3 nach 4 und 4 nach 3 —, 4 nach 1 ist 0.

Schon bei Nr. 2., wo ein + Pol abgeleitet ist, läfst sich aus der Schwäche der Kanten 2.3 und 4.1 schliefsen, dafs in diesen Kanten die durch Ableitung des + Poles *a* überwiegende negative Polarität positive Pole zu überwinden hatte, während in 3.4 und 1.2 negative Pole verstärkt wurden. In No. 4. sehen wir wirklich 2 dieser Pole, den einen + Pol auf 2 nach 3 hin, und den einen — Pol auf 3.4 auftreten. Die anderen beiden Pole sind durch die Fläche 1 abgeleitet. Taf. I. Fig. 3. (Das zuerst links stehende Zeichen deutet die Elektricität des Poles beim Erwärmen, das zweite beim Abkühlen an.)

5) Krystall auf 2 gelegt. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, b—; die übrigen Pole schwach. Ganz deutlich jedoch war der — Pol auf 3.4 und auch noch der + Pol auf 1.4. Es zeigt sich also auf den Prismenflächen, oder

vielmehr den Kanten, der dritte Pol. Die beiden Pole auf 1.2 und 2.3 sind jetzt abgeleitet.

6) Krystall auf 3 gelegt. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, *b*—. Auf den Prismenflächen werden drei Pole sichtbar. Der + Pol auf 1.4 nicht recht deutlich, dagegen die beiden — Pole auf 1.2 und 4 nach 3 zu stark. Dadurch dafs der — Pol auf 3.4 nicht vollständig abgeleitet, sondern nur der + Pol auf 2.3, erklärt sich auch die Schwäche der + Elektricität auf 1.4, indem die zwei — Pole überwiegen. Dafs aber der + Pol auf 1.4 wirklich vorhanden war, zeigte deutlich die Erwärmung, wo die Vertheilung gerade die umgekehrte war. Der + Pol 1.4, der beim Erwärmen natürlich — war, lag nicht genau auf der Kante, sondern auf der Fläche 1 gegen die Kante 1.4 hin.

7) Krystall auf 4 gelegt Taf. I. Fig. 4. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, *b*—; *a* schwächer als *a'*. 1 nach 4 hin +, 1.2 und 1 und 2 in der Nähe von 1.2 —, 2.3 und 2 und 3 in der Nähe von 2.3+, 3 nach 4—. Es sind also in diesem Fall alle vier Randpole, so wie die beiden Pole in den Endpunkten der Hauptaxe deutlich vorhanden.

Dafs nicht in jeder Lage auf den Prismenflächen eine gleiche Anzahl von Polen abgeleitet wird und sichtbar bleibt, hat seinen Grund in der Natur der Flächen [1]), die wegen der verticalen Streifung nicht an allen Punkten gleichmäfsig aufliegen. Dafs bei der Lage des Krystalles auf der Fläche 4 alle vier Randpole sichtbar bleiben, liegt offenbar darin, dafs die Pole auf den Kanten sich befinden, diese aber hier 1.4 sowohl als 3.4, abgebrochen sind, so dafs eine vollständige Ableitung beider Pole nicht stattfinden kann. Auch liegen die Pole nicht immer gerade auf den Kanten, sondern auch oft etwas nach den Flächen hinein, wodurch natürlich auch Verschiedenheiten in der Ableitung entstehen müssen.

1) Vielleicht auch zum Theil in der ungleichen Stärke der Pole.

II.

Dieser zweite Krystall Taf. I. Fig. 5. ist gleichfalls ein sibirischer, dessen Fundort ich jedoch nicht angeben kann. Seine Gestalt stimmt mit der Gestalt des ersten überein, nur ist die Höhe seiner Prismenflächen etwas gröfser, sein Querschnitt aber geringer. Die Flächen des Prismas ∞P sind vorhanden, aber ebenfalls nicht sehr ausgedehnt. — Es läfst sich also erwarten, dafs seine Elektricität mit der Elektricität des ersten übereinstimmt. Die Bezeichnung der Flächen ist wie bei I.

1) Krystall auf *b* gelegt. Beim Abkühlen Alles +; *b* natürlich, dessen Elektricität abgeleitet wird, ist —.

2) Krystall auf *a* gelegt. Beim Abkühlen Alles — mit Ausnahme der Kante 1.4, wo +, das anfangs auf 1 weiter noch verbreitet war als auf 4. Auf 2.3 ist — am schwächsten, oder kein + zu finden. Wir sehen hier in dem einen Endpunkte der Brachydiagonale den einen positiven Pol deutlich, in dem andern dagegen den zweiten + Pol nur durch die Schwäche der — Elektricität angedeutet, die ihn überwunden hat, da + aus *a* abgeleitet wurde.

3) Krystall auf *a'* gelegt. Wie unter No. 2., nur war auf 2.3 nach dem obern Endpunkte hin 0, und nur nach *b* zu ein schwaches —.

4) Krystall auf 1 gelegt [1]). Beim Abkühlen *a* und *a'* +, *b* —. Die Prismenfläche 4 zum gröfsten Theil nach *a'* zu +, nach *b* zu —; 3 ähnlich, nur war das — noch mehr ausgedehnt; noch mehr fand dieses auf 2 statt. Der Unterschied zwischen I und II hat vielleicht in der gröfsern Ausdehnung des Krystalles II nach der Hauptaxe seinen Grund.

5) Krystall auf 2 gelegt. Taf. I. Fig. 5. Die Kante der Flächen 2 und *b* war verletzt, er lag defshalb an *b* nicht auf. Beim Abkühlen *a* und *a'* +, *b* —. 1 überall +, und so auch 4 gegen 1.4 hin. Die Kante 3.4 und

1) Der Krystall lag nur mit den Flächen des Prismas $\infty \breve{P}2$ auf, und nie mit den kleinern von ∞P.

ihre Umgebungen auf 3 und 4 waren —, so dafs selbst *a'* in der Nähe von 3.4 — war. Hier treten gerade wie bei I die beiden Pole in 3.4 —, und 1.4 + auf, und zwar der + Pol auf 1.4 hier ausgedehnter und stärker als dort; wie auch nach No. 2. und No. 3. der + Pol auf 1.4 stark zu seyn scheint.

6) Krystall auf 3 gelegt. Die Kante 3*b* liegt nicht auf. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, *b* —, wird aber nach 1 hin +. 1+, doch nach 2 hin erscheint es schon —; 2 nach 1 hin —, nach *a* hin +, und ebenso nach 3 hin +; 4 ist ganz +. Wir sehen also aufser den Polen in der Hauptaxe wieder drei Pole, die beiden positiven auf 1.4 und 2.3, und den einen negativen auf 1.2, der aber durch die beiden positiven sehr geschwächt und beschränkt ist. Dafs der — Pol hier auf 3.4 abgeleitet, und nicht eben so sehr der + Pol auf 2.3, hat gewifs seinen Grund in den Flächen des Prismas ∞P, welche um 2.3 liegen, und so das Aufliegen dieser Kante auf der Unterlage hindern.

7) Auf 4 gelegt. Beim Abkühlen *a* und *a'*+, *b* —. Es zeigen sich auf den Prismenflächen alle vier Pole, die um 4 liegenden natürlich nur schwach; so ist — auf 3 nach 4 hin, und + auf 1 nach 4 hin. Die beiden andern — auf 1.2, und + auf 2.3 sind stärker. Es stimmt also dieser Krystall mit Ausnahme von No. 4. ganz vollkommen mit dem Krystall I überein.

Ich glaube, dafs aus diesen mitgetheilten Versuchen deutlich das Vorhandenseyn von 6 Polen im sibirischen Topase hervorgeht, von denen die beiden Pole in den Enden der Hauptaxe bei weitem die stärksten sind, da durch die Ableitung des einen derselben der andere den ganzen Krystall beherrscht. Nicht so verhält es sich mit den übrigen Polen auf den Prismenflächen, wo allerdings auch, wenn ein + Pol abgeleitet wird, die — Elektricität die Oberhand gewinnt, und umgekehrt, aber nicht in solchem Grade, dafs der ganze Krystall von einer einzigen Elektricität beherrscht würde.

Merkwürdig ist hierbei, dafs auf den Prismenflächen nicht entgegengesetzte, sondern gleichnamige Pole einander gegenüber liegen. Dasselbe beobachtete ich auch beim Titanit (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 244 ff.), nur glaubte ich damals nicht sowohl zwei elektrische sich kreuzende und an beiden Enden gleichnamige Axen, als vielmehr zwei parallele an den Enden entgegengesetzt elektrische annehmen zu müssen. Hiezu bewogen mich besonders die Umkehrungen der Pole, welche in der einen der beiden parallelen Axen häufiger als in der andern sich finden. Hier beim Topas zeigt sich aber nichts, was uns zu einer ähnlichen Annahme bewegen könnte; wir müfsten dann auch die Axen in den Umfang des Krystalles legen, was beim Titanit nicht nöthig war.

Es liegt also beim Topas ein — + [1]) Pol in dem obern Endpunkte der Hauptaxe, und zwei gleiche in den Endpunkten der Brachydiagonale, oder in der Ebene der optischen Axen; ein + — Pol in dem untern Ende der Hauptaxe und zwei gleiche in den Endpunkten der Makrodiagonale, oder in einer Ebene, welche auf der Ebene der optischen Axen senkrecht steht.

Da der brasilianische Topas durch Flächen begränzt wird, welche im sibirischen beinahe verschwunden sind, und umgekehrt die Flächen des sibirischen Topases beim brasilianischen wenig hervortreten (wenigstens in den von mir untersuchten Krystallen), da ferner zwischen den verschiedenen Topasen überhaupt in Bezug auf die Gröfse des Neigungswinkels der optischen Axen eine Verschiedenheit sich zeigt, so dürfen wir uns wohl nicht wundern, wenn auch in elektrischer Hinsicht der brasilianische Topas Abweichungen zeigt von dem sibirischen. Es findet ja bei den einzelnen Bergkrystallen (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 605 ff.), je nachdem die eine oder die andere Dimension mehr entwickelt ist obwohl die Flächen dieselben sind, ein Unterschied statt; die eine der Axen,

1) Das erste Zeichen bezieht sich auf die Erwärmung, das zweite auf die Abkühlung.

ja selbst zwei verschwinden oder ändern ihre Lage. Sollte nun nicht beim Topas das Verschwinden der Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$, und des vertikalen $\infty\breve{P}2$, die Ausdehnung der Flächen des vertikalen Prismas ∞P und der Pyramide P noch gröfsere Aenderungen erzeugen können? sollte nicht die gewöhnlich gröfsere Dimension der brasilianischen Krystalle nach der Hauptaxe Abweichungen von den sibirischen mit kurzer Hauptaxe hervorbringen? Bei der Untersuchung liegt ferner der brasilianische Topas gewöhnlich auf einer Fläche des Prismas ∞P, oder auf der Mitte der abgerundeten Fläche, und nur selten auf einer Fläche des Prismas $\infty\breve{P}2$. Hierdurch müssen nothwendig ebenfalls Aenderungen entstehen. — Es wird sich aber dennoch zeigen lassen, dafs es auch beim brasilianischen Topas sechs elektrische Pole gibt, wenn solche auch nicht immer und unter allen Verhältnissen erscheinen.

III.

Der Querdurchschnitt dieses brasilianischen Krystalles (Taf. I. Fig. 6 — 10.) ist nicht bedeutend, seine Länge etwas über einen Zoll. Er wurde begränzt von den Flächen des Prismas ∞P und $\infty\breve{P}2$, die aber durch die Streifung der Flächen in einander übergehen, und meistens eine abgerundete Fläche bilden. Nur an den makrodiagonalen Seitenkanten tritt der Winkel des Prismas $\infty\mathring{P}2$ und an den brachydiagonalen der Winkel des Prismas ∞P deutlich hervor. Es schienen beide Prismen gleich weit ausgebildet. Die geneigten Flächen, die nur an dem obern Ende *a* sich finden, gehören der Pyramide P an.

1) Krystall wurde auf die untere Endfläche *b* gestellt. Er liefs sich wegen der geringen Stabilität nur schlecht untersuchen, zeigte aber beim Abkühlen deutlich die vier Randpole (Taf. I. Fig. 6.), und zwar auf 1.4 und 2.3 +, auf 3.4 und 1.2 —. (Die Flächen sind

im Verhältniſs zu dem brachy- und makrodiagonalen Hauptschnitte auf dieselbe Weise bezeichnet als früher). Die Pyramidenflächen zeigten keine Elektricität. In welcher Höhe die Pole über der Grundfläche *b* lagen, lieſs sich nicht gut bestimmen. Es scheinen nämlich nach andern gleich anzuführenden Versuchen die beiden — Pole (beim Abkühlen) näher an *a* zu liegen, die beiden + Pole dagegen näher nach *b*.

2) Krystall auf 4 gelegt. Taf. I. Fig. 7. Er berührte nur mit der Mitte der Fläche die Unterlage, die Kanten 3.4 und 1.4 berührten dieselbe nicht. Beim Abkühlen zeigte sich *b* —; die beiden negativen Seitenpole lagen hier nach dem obern Ende *a* zu auf den Kanten 1.2 und 3.4, während der eine sichtbare + Pol auf 2.3 mehr nach unten gerückt war. Dasselbe wurde auch durch die Beobachtung beim Erwärmen bestätigt, wo umgekehrt der — Pol auf 2.3 nach *b* hin gerückt war, u. s. w. Die Pyramidenflächen zeigten beim Beginn der Abkühlung —, später aber gegen 40° C. sämmtlich +. Es geht also hieraus deutlich hervor, daſs auſser den vier Randpolen noch die zwei Pole in den Endpunkten der Hauptaxe vorhanden sind, aber besonders der + Pol *a* nicht mehr in solcher Stärke wie beim sibirischen Topase. Er war bei dem brasilianischen bis zu einer Temperatur von ungefähr 40° C. durch die nach *a* zu liegenden zwei — Pole unterdrückt, und trat erst gegen das Ende der Abkühlung auf, wo ein weniger leichtes Uebergreifen der verschiedenen Elektricitäten statt findet. Ganz ähnliche Erscheinungen haben wir schon bei dem Bergkrystall gefunden (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 607 ff.).

3) Krystall auf 3 gelegt. (Taf. I. Fig. 8.) Die Fläche ist gegen die Kante 2.3 zu tief gefurcht. Der Krystall lag mehr mit der Fläche des Prismas ∞P auf, so daſs die Kante 2.3 wohl die Unterlage berührte, aber nicht 3.4. Die Kante 3.4 war nach *a* zu etwas verletzt. Die Fläche *b* war beim Abkühlen —, ebenso die

Pyramidenfläche in *a*, die sich auch bei 30° C. noch nicht umkehrten, so dafs sie vollständig unterdrückt waren. Es ist diefs erklärlich, weil durch das Aufliegen des Krystalles an der Kante 2.3 mehr + Elektricität abgeleitet wurde, als von 3.4 —. Die beiden negativen Pole liegen auf 1.2 und 3.4 nach oben, die positiven auf 1.4 und 2.3 nach unten. Doch beherrschen auch die Pole noch Theile der Flächen in der Richtung von oben nach unten; so dehnt sich der — Pol über die ganze Kante 1.2 aus, und der + Pol 1.4 beherrscht die an 1.4 anliegende Seite der Fläche 4. Beim Erwärmen verhielt sich der Krystall gerade umgekehrt, so viel wegen der schwächern Elektricität bestimmt wurde.

4) Krystall auf 2 gelegt. (Taf. I. Fig. 9.) Er lag gegen die Kante 2.3 hin auf, also mit den Flächen des Prisma ∞P; *b* war —, die Pyramidenflächen 2 und 3 gleichfalls, aber die Pyramidenflächen 4 und auch zum Theil 1 sind +. Der + Pol auf 1.4 beherrschte die Umgebung der Kante 1.4, war aber unten bei weitem stärker und ausgedehnter als oben, und durch Vereinigung mit dem + Pole, der unten auf 2.3 liegt, aber zum Theil abgeleitet war, beherrschte er auch die Theile der Fläche 3, welche nach *b* hin lagen. Der eine — Pol lag deutlich auf 3.4 nach *a* hin, während der andere schwach angedeutet schien durch schwache — Elektricität auf 1 nach 2 zu.

5) Krystall auf 1 gelegt. Er lag mit der Fläche des Prismas $\infty \breve{P}2$ auf, also mehr nach der Kante 1.2 hin. (Taf. I. Fig. 10.) Der + Pol auf 2.3 war vorhanden, und ungefähr gegen die Mitte der Fläche 2 am stärksten; der — Pol auf 3.4 nach *a* hin zeigte sich ebenfalls, so wie auch der zweite + Pol unten auf 4, der zugleich in Verbindung mit dem andern + Pole die untern Theile der Fläche 3 beherrscht. Die Pyramidenflächen schienen — zu seyn. Wenn hier, wie in andern Fällen, das + sich noch auf den Pyramidenflächen in *a*

zeigte, so hätten wir, wenn wir von *a* nach *b* über 3 oder 4 gingen, vier verschiedene Elektricitäten; erst in *a* +, oben auf 3 und 4 —, unten auf 3 und 4 +, und auf *b* wieder —.

IV.

Dieser ebenfalls brasilianische Krystall (Taf. I. Fig. 11.) hatte ziemlich dieselbe Ausdehnung der Hauptaxe, wie III.; sein Querschnitt war jedoch bedeutender. Es war dieser der schon früher von mir untersuchte. Er ist begränzt von den Prismen ∞P und $\infty \breve{P}2$ (letzteres jedoch ist nur sehr wenig ausgedehnt), der Pyramide P und dem horizontalen Prisma $2\breve{P}\infty$, das nur oben auf der einen Kante 1.2 sich zeigte.

1) Krystall auf *b* gestellt. Er wurde auch auf dieser Fläche stehend erwärmt, und dann abgekühlt, so daſs die von der Erwärmung herrührende Elektricität sich namentlich in den obern Punkten erst lange nach dem Auslöschen der Lampe umkehrte. Er stand nicht mit der ganzen Fläche *b* auf, sondern nur auf einem kleinen Ansatz an der Kante 3.4, und auf dem untern Theile der Kante 1.2. Es zeigten sich die Pyramidenflächen +, die Prismenflächen 1 ganz +, die obern Theile der Flächen 2, 3, 4 waren —, während die Flächen 3 und 4 an den untern Theilen + Elektricität hatten. 2 zeigte an dem untern Ende 0 [1]).

2) Auf 1 gelegt. Die Pyramidenflächen 1 und 2 +, die beiden andern —; die Prismenflächen 2, 3, 4, und ebenso die Fläche *b* —. Wenn auch jetzt beim Abkühlen das + auf den untern Theilen der Prismenflächen

1) Bei der frühern Untersuchung stand der Krystall auf gleiche Weise. Ich hatte das + auf den Pyramidenflächen und unten auf den Prismenflächen wohl gefunden, aber das — oben auf den Prismenflächen nicht vermuthet, und also dort gar nicht untersucht. *Il fallait avoir envie de la trouver, pour l'appercevoir* sagt Haüy, in seinem *Traité de minéralogie*, von der Elektricität des Titanites.

chen sich nicht wie in No. 1. zeigte, so trat dasselbe doch deutlich beim Erwärmen (natürlich als —) auf; es waren beim Erwärmen nämlich die obern Theile der Flächen 2, 3 und 4 +, die untern —, und *b* wieder +.

3) Krystall auf 2 gelegt. Die Pyramidenflächen +; die — Pole zeigten sich oben auf 1 gegen 2 und 3 gegen 4 hin; die + Pole lagen dagegen unten auf 1 und 3. *b* war —, nur an der Kante von 2.3 noch +, wegen der Nähe des + Poles 2.3. Der — Pol auf 3 nach 4 hatte auch einen Theil der entsprechenden Pyramidenflächen eingenommen. Ging man von dem Pole *a* über die Pyramidenflächen und die Mitte der Prismenflächen nach *b* hinab, so fand man deutlich und stark vier verschiedene Elektricitäten, in *a* +, dann auf den Prismenflächen oben —, unten +, und dann in *b* wieder —. Beim Erwärmen umgekehrt.

4) Krystall auf 3 gelegt. (Taf. I. Fig. 11.) Alle Pole waren deutlich vorhanden. Die Pyramidenflächen +, die beiden — Pole auf 1.2 und 3.4 nach oben, die + Pole 1.4 und 2.3 mehr nach unten. Diese überwinden hier die — Elektricität in *b* so weit, daſs nur noch ein kleiner Theil derselben an der Kante 3.4 — bleibt, wo das — offenbar noch durch den — Pol auf 3.4 unterstützt wurde. So wie früher der + Pol in *a* unterdrückt wurde, geschah es also hier mit dem — Pole *b* [1]).

5) Krystall auf 4 gelegt. Aehnlich wie unter No. 4., nur daſs die Fläche *b* ganz +, also ihr — Pol vollständig unterdrückt war.

V.

Ein ausgezeichnet schöner brasilianischer Topas

1) Ich hatte bei dem frühern Versuche fast den ganzen Krystall + gefunden, und nur ein kleiner Theil an *b* —, wenn er auf einer Seitenfläche lag. Es geht aus den jetzt mitgetheilten Versuchen hervor, daſs er zufällig auf der Fläche 3 gelegen hat. Es ist dieſs um so wahrscheinlicher, da in dieser Lage sich die gröſsten Pyramidenflächen und die Fläche des horizontalen Prismas am besten untersuchen lieſsen.

(Taf. I. Fig. 12.) von mehr als 3 Zoll Länge. Er wurde begränzt von denselben Flächen wie III. Die Prismenflächen waren sämmtlich abgerundet, so dafs er beim Liegen auf einer Prismenfläche ziemlich mit der Mitte derselben auflag. Unter den Pyramidenflächen waren die auf 2 und 3 sitzenden am gröfsten, also die auf einer Seite des makrodiagonalen Hauptschnittes gelegenen.

1) Krystall auf 1 gelegt. Beim Erwärmen war *b* +, beim Abkühlen —. Auf den Prismenflächen zuletzt beim Erwärmen fast überall —, beim Abkühlen fast überall +; ebenso auch die beiden gröfsten Pyramidenflächen.

2) Krystall auf 2 gelegt. (Fig. 12.) Die Pyramidenflächen beim Abkühlen —, ebenso auch *b*, und fast die ganzen Prismenflächen; doch trat deutlich und stark der eine positive Pol unten auf 1.4 und den nächsten Umgebungen, so wie auch auf dem nach *b* zugelegenen Theile der Fläche 1 auf. Der andere + Pol erschien weniger ausgebreitet ganz unten auf 3 nach 2.3 und *b* hin. Beim Erwärmen war die Vertheilung umgekehrt, und der beim Erwärmen + (also beim Abkühlen —) Pol auf 3.4 war leicht nach dem Ende *a* zu durch seine Stärke zu bemerken.

3) Krystall auf 3 gelegt. Beim Erwärmen die Pyramidenflächen, *b* und fast sämmtliche Prismenflächen +, nur zeigte sich der — (also beim Erkalten +) Pol auf 1.4 und 1 nach *b* hin. Beim Abkühlen die Pyramidenflächen +, *b* —, die Pyramidenflächen zu Ende ganz +. Anfangs zeigten sich auf 1 und 4 nach oben zu die — Pole, verschwanden aber ungefähr bei einer Temperatur von 75° C. Von hier an war der ganze Krystall aufser *b*, positiv.

4) Krystall auf 4 gelegt. Beim Erwärmen zuletzt Pyramiden- und Prismenflächen fast überall —. Beim Abkühlen Pyramidenflächen und *b* —, die Prismenflächen meist +, nur oben noch *a* zu eine negative Zone.

VI.

Beide Endpunkte dieses brasilianischen Krystalles waren durch die Theilungsfläche senkrecht gegen die Hauptaxe begränzt. Die Prismenflächen waren ∞P und $\infty \breve{P} 2$, letztere etwas mehr ausgedehnt als erstere.

1) Krystall auf *b* gelegt. Beim Erwärmen *a* +, die Prismenflächen — mit Ausnahme der Theile der Fläche 4, welche in der Mitte und unten nach 3 hin liegen; diese waren aber auch nur anfangs +. Beim Abkühlen *a* —, die Seitenflächen meist +; ein starker + Pol deutlich unten auf 2, dagegen auf 3.4 besonders nach oben zu ein schwaches — oder 0, und ebenso auf 1.2 nach oben hin einige Theile 0. Es waren also an diesen Stellen die beiden — Pole durch die + Pole überwunden.

2) Krystall auf *a* gestellt. Aehnlich wie vorhin, nur war der stärkste + elektrische Punkt auf 2 jetzt näher nach *a* zu gerückt. *b* beim Erwärmen +, beim Abkühlen —, jedoch war bei oftmaliger Wiederholung des Versuches *b* auch beim Abkühlen +. Ueberhaupt ist in den Stellungen auf *a* und *b* die Elektricität in *b* und *a* schwach. Beide Versuche No. 1 und 2. zeigen dasselbe, was Erman fand, die beiden Enden —, die Prismenflächen +. Die Ungleichheit in der Stärke der + Elektricität hat ebenfalls Erman bemerkt [1]).

3) Krystall auf 1 gelegt. Wir haben schon an allen Krystallen bemerkt, dafs die verschiedenen Pole auf den Prismenflächen nicht gleiche Stärke zu haben scheinen. Namentlich zeigt sich diefs hier wieder, wo gewissermafsen nur eine Randaxe deutlich ausgebildet ist (ganz dasselbe wurde auch früher an einigen Bergkrystallen beobachtet); es scheint beim Abkühlen die — Elektricität vorzugsweise die beiden Flächen 2 und 3, und die + Elektricität die beiden Flächen 1 und 4 zu beherrschen. Beim Erwärmen war Taf. I. Fig. 13 *a* und

1) Poggend. Ann. Bd. XXV. S. 607.

b und 1 +, 2 und 3 —, später auch 4 —; beim Abkühlen Fig. 14. *a*, *b* und 4 —, 2 und 3 +. Das — auf 1 und *b* am stärksten. Da beide Enden verbrochen, so läfst sich nicht bestimmen, welches Ende eigentlich dem *a* und *b* entspricht.

4) Auf 2 gelegt. Beim Erwärmen *a*, *b*, 1 und 4 +, 3 aber —; beim Abkühlen *a*, *b*, 1 und 4 —, 3 +.

5) Auf 3 gelegt. Beim Abkühlen *a*, *b*, 1 und 4 —; 2 besonders nach *b* und 3 hin —.

6) Krystall auf 4 gelegt. Beim Erwärmen *a* und *b* +, Prismenflächen —. Beim Abkühlen *a* und *b* —, sonst +, am stärksten auf 3, am schwächsten auf 1 nach 2, wo ein — Pol liegen sollte.

Einen auf gleiche Weise an beiden Enden durch die Theilungsfläche begränzten Krystall mufs Erman [1]) zu seinen Versuchen angewendet haben; es geht diefs auch daraus schon hervor, dafs er ihn auf beide Enden stellen konnte. Er untersuchte die Elektricität auf die Weise, dafs er den Krystall auf den Teller eines Elektrometers legte, und die einzelnen Punkte des Krystalls ableitend berührte. Lag der Krystall auf einer Seitenfläche, so erhielt er positive Reaction wenn er irgend eines der beiden Enden ableitend berührte, aber keine wenn er irgend eine der andern Seitenflächen berührte. Stand er auf einem Ende aufrecht, so erhielt er keine Reaction durch Berührung des nach oben stehenden Endes, wohl aber eine negative bei jeder ableitenden Berührung der Seitenflächen. Ich untersuchte meinen Krystall auf gleiche Weise und fand:

7) wenn er auf *b* steht, und die Mitte von *a* abgeleitet wird, so theilt *b* dem isolirten Tische schwaches + mit, aber 0, wenn die ganze Fläche *a* mit dem Finger berührt wird. Werden die Seitenflächen berührt, so giebt *b* stets — Elektricität ab.

1) Poggend. Ann. Bd. XXV. S. 607. Jahrbüch. der Berl. Academ. 1829.

8) Auf *a* gestellt. Ebenso, nur durch ableitende Berührung von *a* theilt *b* dem isolirten Tisch auch schwache — Elektricität mit.

9 u. 10) Auf 1 oder 4 gelegt. Durch Ableitung von *a* und *b* der isolirte Tisch + und keine Reaction durch Berührung von 4 oder 1; durch Berührung von 2 und 3 —.

11 u. 12) Auf 2 oder 3 gelegt. Durch Ableitung von *a* und *b* der Tisch +, durch Ableitung von 4 und 1 schwach +, durch Ableitung von 3 oder 2 schwach —. Es ist diefs natürlich, weil 2 und 3 positive, 1 und 4 aber negative Elektricität besitzen. Auch Erman bemerkte Aehnliches, ohne es weiter zu verfolgen. Er sagt: »Zwar ist es einige Mal auch vorgekommen, dafs einige Seitenflächen eine etwas stärkere Elektricität bedingten als andere, aber diefs schien bei genauerer Prüfung seinen Grund zu haben in einer zufällig gröfsern Breite der Fläche und der entsprechenden gröfsern Menge der ableitenden Berührungspunkte; auch könnte immerhin eine etwas gröfsere Leitungsfähigkeit an einer Stelle des Krystalles zufällig vorwalten.« Der wahre Grund hiervon liegt in den Polen der Seitenflächen.

VII.

Dieser brasilianische Krystall war an seinen beiden Enden unregelmäfsig abgebrochen, und zeigte ebenfalls wie VI an seinen beiden Enden beim Erwärmen +, beim Abkühlen — Elektricität. Auch in der Elektricität seiner Seitenflächen war er dem Krystall VI ziemlich ähnlich, so dafs ich die einzelnen Versuche nicht weiter anführen will.

VIII.

Es war noch nöthig auch einen sächsischen Topaskrystall zu untersuchen, und nachzuweisen, dafs auch bei ihm dieselbe Vertheilung der Elektricität sich findet. Der angewandte Krystall war ziemlich grofs, jedoch nur an seinem obern Ende ausgebildet. Unten wurde er von der Theilungsfläche begränzt. Die mit der Axe paral-

lelen Flächen waren die drei Prismen ∞P, $\infty \ddot{P}2$, $\infty \check{P}3$; die gegen die Axe geneigten P, $\frac{2}{3}P$ und $2\check{P}\infty$; senkrecht gegen die Axe $0P$.

1) Er wurde auf *b* gestellt; *a* war + beim Abkühlen, und eben so die Kanten 1.4 und 2.3. Die Kanten 1.2 und 3.4 waren bei dem ersten Versuche 0, bei spätern aber schwach —.

2) Krystall auf *a* gestellt. *b* war — beim Abkühlen und eben so stark 1.2 und 3.4; 1.4 und 2.3 sind 0, nur nach *a* hin zeigt sich auf beiden Kanten noch ein sehr schwaches —.

Es geht aus beiden Versuchen sehr deutlich hervor, dafs aufser der Vertheilung der Elektricität nach der Hauptaxe, auch die andern vier Pole in den Seitenkanten vorhanden sind, und zwar ebenso wie früher die beiden positiven auf 1.4 und 2.3, und die beiden negativen in 1.2 und 3.4. Zugleich zeigt auch der zweite Versuch, dafs die negativen Pole auf 1.2 und 3.4 nach dem Ende *a* zu liegen. (Bei dem ersten hatte ich auf die genaue Lage nicht geachtet.)

Wir sehen oben einen merkwürdigen Unterschied zwischen den sibirischen und brasilianischen Krystallen in Beziehung auf die elektrische Vertheilung in der Hauptaxe (die sächsischen scheinen, wenn ich von dem einen untersuchten Krystall auf die übrigen schliefsen darf, ungefähr die Mitte zu halten, so fern ihre Gestalt mit der Gestalt des untersuchten übereinstimmt). Wir finden gleichfalls einen Unterschied zwischen diesen Krystallen in Beziehung auf die Flächen, welche sie begränzen. Es ist also natürlich, dafs wir die elektrischen Abweichungen nur in der Abänderung der Formen zu suchen haben.

In elektrischer Hinsicht unterscheiden sich die sibirischen Krystalle hauptsächlich dadurch von den brasilianischen, dafs bei erstern die elektrische Vertheilung nach der Hauptaxe am stärksten ist, während in den brasilianischen die positive Elektricität des obern Endes (ich

rede jetzt der Einfachheit wegen stets nur von der Elektricität während der Abkühlung) sehr leicht durch die auf den obern Theilen der Kanten gelegenen — Pole überwunden wird. Da nun in den sibirischen Krystallen die Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$ und des verticalen Prismas $\infty\breve{P}2$ besonders stark ausgebildet sind, bei den brasilianischen diese Flächen aber nur untergeordnet auftreten, ja die Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$ (wenigstens in den von mir untersuchten Krystallen) fast immer fehlen, so liegt es nahe das Verschwinden der positiven Elektricität des obern Endes *a* von dem Verschwinden der Flächen $2\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}2$ abhängig zu machen. Es läfst sich auch der Grund dieses Zusammenhanges näher angeben. Die Gestalten $2\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}2$ entstehen aus der Grundgestalt durch Verlängerung der Brachydiagonale, die in der Gestalt $2\breve{P}\infty$ ins Unendliche, in der Gestalt $\infty\breve{P}2$ aber nur um das Doppelte vergröfsert ist. In der Brachydiagonale liegen, wie wir gesehen, aber die beiden positiven Pole. Wir können uns also gar nicht wundern, wenn durch die Vergröfserung der positiven Brachydiagonale die positive Elektricität des obern Endes verstärkt wird, und diese Verstärkung namentlich mehr noch durch die Verlängerung bis ins Unendliche (durch die Gestalt $2\breve{P}\infty$) als durch die blofse Verdoppelung (in der Gestalt $\infty\breve{P}2$) hervorgebracht wird. Es stimmt hiermit auch sehr gut überein, dafs bei dem Krystall No. IV. sich unter allen brasilianischen am obern Ende die stärkste positive Elektricität fand; er allein trug auch unter allen am obern Ende noch auf der einen Seite die eine Fläche von $2\breve{P}\infty$.

Ja es scheint, als ob die positive Elektricität des obern Endes allein durch die Gestalten, welche zur brachydiagonalen Krystallreihe gehören, bedingt sey. Be-

trachten wir nämlich die beiden von Haüy beobachteten vollständigen aber unsymmetrischen Topaskrystalle genauer, so sind es wirklich brachydiagonale Gestalten, welche das obere Ende von dem untern unterscheiden. Bei dem einen sind es die Flächen von $\breve{P}\infty$, bei dem andern die Flächen von $\frac{4}{3}\breve{P}2$, welche nur an dem obern Ende sich finden (in beiden Gestalten hat die Brachydiagonale noch dazu dieselben Werthe als in $2\breve{P}\infty$ und $\infty\breve{P}2$).

In den an beiden Enden durch die Theilungsfläche begränzten Krystallen VI. und VII. finden wir, wenigstens in der Lage auf einer Seitenfläche, an beiden Enden negative Elektricität, dafs aber doch beide Enden nicht ganz gleich sind zeigen die Versuche VI. 1 und 2, bei denen der Krystall auf den Flächen *a* und *b* stand. Die Fläche *a* war —, *b* dagegen nur im ersten Versuche —, sonst +. Wüfste man, wie dieses Bruchstück im ganzen Krystall gesessen hätte, so könnte man die Erscheinung sicher erklären. Nehmen wir an, dafs das Ende *a* wirklich dem obern Ende zunächst gelegen habe, und *b* dem untern, so wäre die — Elektricität in *a* Folge des Uebergreifens der negativen Pole auf den Kanten, die sich in der Nähe von *a* finden, und die + Elektricität in *b* Folge des Uebergreifens der positiven Pole. Es ist diefs wahrscheinlich, weil, wenn er auf einer Seitenfläche liegt, beide Enden stark — sind, also nur ein Ueberwiegen der — Elektricität über den + Pol *a* sich zeigt; die negative Elektricität in *b* bleibt, wie in den meisten der übrigen brasilianischen Krystalle, an denen auch ein solches Ueberwiegen der — Elektricität in der Nähe von *a* sich findet.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dafs bei den übrigen Krystallen, in denen ich bis jetzt nur eine elektrische Axe gefunden habe, auch in den übrigen krystallographischen Axen noch elektrische Axen liegen. So hat

vielleicht der Turmalin nach seinen drei Randaxen auch noch schwache elektrische Axen, wie der Bergkrystall aufser seinen drei elektrischen Randaxen nach der Hauptaxe eine schwache Vertheilung zeigt. Die Auffindung dieser elektrischen Axen in den übrigen Krystallen wird vielleicht durch die jetzt mitgetheilten Versuche über den Topas erleichtert, wo der krystallographische Zusammenhang der unsymmetrischen Flächen mit der einen Nebenaxe (der Brachydiagonale der Basis) auch zu gleicher Zeit den elektrischen Zusammenhang anzeigt. So sind es beim Zucker und bei der Weinsäure die Flächen des Klinoprismas, welche die Unsymmetrie hervorbringen. Die Orthodiagonale, welche bei ihnen als elektrische Hauptaxe dasteht, ist nun an dem Ende, an welchem das Klinoprisma erscheint, positiv; demnach enthielte dann die Klinodiagonale zwei positive Pole an ihren Enden (wie die Brachydiagonale des Topases), und die Hauptaxe zwei negative Pole (wie die Makrodiagonale des Topases), wenn nicht ein anderes krystallographisches System andere Erscheinungen hervorbringt. Auch können diese Pole sehr versteckt werden durch die Stärke der elektrischen Hauptaxe, so dafs sie nur in geeigneten Krystallen sichtbar werden.

Vor allem aber scheinen mir diese Versuche über den Topas neues Licht zu werfen auf die mit dem weinsauren Kali-Natron angestellten. Dieses Salz gehört auch mit dem Topas zu demselben krystallographischen Systeme. Ich fand in dem als Zwilling betrachteten Krystall desselben (Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 502.) 4 Pole, von denen je zwei gegenüberliegende gleichnamig elektrisch waren. Diese damals einzige Vertheilung der Elektricität, die noch dazu ganz mit der Elektricität der Zwillinge des Zuckers und der Weinsäure übereinstimmte, veranlafste mich auch diesen Krystall als Zwilling zu betrachten. Nehmen wir ihn indefs als einfachen Krystall,

und stellen ihn so, dafs die beiden an den entgegengesetzten Enden gleichnamigen Axen in die krystallographischen Nebenaxen fallen, so stimmt seine Elektricität mit der Elektricität des Topases überein, nur ist die Elektricität nach der neuen Hauptaxe noch nicht bestimmt.

Auch im Titanit scheint aufser den bisjetzt bestimmten zwei elektrischen Axen noch eine dritte in der Richtung der Orthodiagonale vorhanden zu seyn. Darauf deuten mehrere der in Pogg. Ann. Bd. L. S. 247 ff. mitgetheilten Beobachtungen, dafs nämlich in den Endpunkten dieser Diagonale die Elektricität oft stärker war als in der Ebene des klinodiagonalen Hauptschnittes, der die beiden schon bestimmten Axen enthält. Es liefs sich der Krystall nur nicht in geeignete Lagen bringen, um diese Axe mit Sicherheit zu bestimmen.

III. *Einige Versuche über den Einflufs der Form und der Temperatur auf die Elektricität des Boracits; von Dr. Hankel.*

Es ist für die Elektricität der Krystalle von der gröfsten Wichtigkeit, die elektrischen Pole an den verschiedenen vorkommenden Krystallgestalten eines und desselben Minerales genau kennen zu lernen, indem wahrscheinlich der Grund des Auftretens der verschiedenen Flächen in dem verschiedenen Verhalten der elektrischen Axen liegt. Ich habe diese Untersuchung genauer durchgeführt für den Topas (s. die vorhergehende Abhandlung), und gezeigt, wie mit dem Auftreten der Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$, welche an den sibirischen Krystallen sich finden, eine grofse Veränderung in den elektrischen Axen verbunden ist; indem nur bei dem deutli-

chen Vorhandenseyn dieser Flächen die polarische Hauptaxe stark elektrisch sich zeigt, während bei den brasilianischen Krystallen, wenn jene Flächen fehlen, allein die zwei in der Richtung der Diagonalen der Basis gelegenen nicht polarischen (sondern an beiden Enden gleichnamigen) Axen sich hinlänglich stark ausgebildet finden.

Das Folgende betrifft das Verhalten der elektrischen Axen beim Boracit, wenn er in Würfeln krystallisirt, und wenn der Würfel durch die Abstumpfung der Kanten in das Rhombendodekaëder übergeht. Zu allen frühern (in diesen Annalen Bd. L. S. 471 — 496.) angeführten Untersuchungen dienten entweder das Rhombendodekaëder mit kleinen Würfel- und Tetraëderflächen, oder Würfelkrystalle, deren Kanten ziemlich stark abgestumpft waren. Bei allen diesen Versuchen zeigten sich die elektrischen Pole in den Octaëderecken des Rhombendodekaëders, oder in den jenen entsprechenden Mitten der Würfelflächen nur schwach, dagegen die Pole in den Würfelecken sehr stark. Nicht wenig verwundert war ich, als ich bei der Untersuchung eines kleinen liniengroſsen Boracitwürfels, dessen Kanten vollkommen scharf, und dessen abwechselnde Ecken nur schwach abgestumpft waren, die Pole in der Mitte der Würfelfläche mit einer Intensität auftreten sah, welche die Stärke der Pole in den Würfelecken viele Male übertraf. Die Pole in der Mitte der Würfelflächen unterdrückten in den meisten Lagen des Krystalles die Pole in den Ecken gänzlich, während bei den frühern Versuchen häufig ein umgekehrtes Verhalten sich fand. Daſs die Würfelecken aber ebenfalls ihre elektrischen Pole besaſsen, lieſs sich auch in dem Falle der gänzlichen Unterdrückung derselben noch leicht aus der Stärke und Schwäche der abwechselnden Ecken wahrnehmen. Gesetzt nämlich, es war die Würfelfläche in ihrer Mitte stark +; dann wurden die beiden in ihren Endpunkten gelegenen + Pole durch

ihren Einflufs verstärkt (erlangten jedoch nie eine Stärke, welche der Stärke des Poles in der Mitte gleich kam); die beiden andern in ihren Endpunkten gelegenen negativen Pole dagegen sehr geschwächt oder meistens ganz aufgehoben, so dafs sie in dem letzten Falle ein schwaches + zeigten, als Ueberschufs der Kraft des + Poles in der Mitte der Fläche über die — Pole in den Ecken.

Es geht also aus diesen Versuchen deutlich hervor, dafs, wie die Stärke der polarischen Hauptaxe beim Topas, an die Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$ gebunden war, so hier die Stärke der Pole in der Mitte der Würfelflächen von der gröfsern oder geringern Ausdehnung dieser Fläche abhängt. Ist die Elektricität bei der Bildung der Krystalle eine wirksame Kraft, so ist es die nach drei rechtwinklichen Axen polarisch vertheilte Elektricität, welche die Flächen des Boracitwürfels erzeugt, so wie die polarische Vertheilung derselben in der Hauptaxe beim Topas die Flächen des horizontalen Prismas $2\breve{P}\infty$ hervorruft.

Die elektrischen Pole erlitten auch bei diesem Krystall dieselben Wechsel wie früher, wefshalb ich die speciellen Versuche nicht weiter anführen will. Da die einen 3 gleichnamig elektrischen Flächen um einen Eckpunkt, die 3 andern unter sich ebenfalls gleichnamigen Flächen aber um den entgegengesetzten Eckpunkt liegen, so erhalten diese beiden Würfelecken einen ausgezeichneten Charakter, und ihre Verbindungslinie kann und mufs als Hauptaxe betrachtet werden. Stellen wir diese Hauptaxe senkrecht, so ist zu Ende der Abkühlung, wenn der positive Pol derselben, z. B. der obere ist, die Vertheilung der Elektricität an diesem Krystall von oben nach unten so: + in der obern Polecke; — in der Mitte der 3 umgebenden Flächen und in der Mitte der 3 zunächst nach oben liegenden Würfelecken; + in den untern 3 Würfelecken und in der Mitte der 3 untern Würfelflächen; — in der untersten Polecke. Es ist

also ganz dieselbe Vertheilung, wie ich sie S. 482 jener schon erwähnten Abhandlung nach den Versuchen an den Dodekaëder angegeben habe.

Ich hatte am Schlufs der so eben erwähnten Abhandlung über den Boracit die Meinung ausgesprochen, dafs vielleicht in den rhombischen Zwischenaxen, welche die Mitte zweier gegenüberliegender Würfelkanten mit einander verbinden, noch neue elektrische Pole lägen, und glaubte zu ihrer Auffindung sey das Rhombendodekaëder der schicklichste Körper. Aber selbst bei der sorgfältigsten Untersuchung habe ich keinen deutlichen polarischen Gegensatz wahrnehmen können. Fast alle Mittelpunkte der Rhombendodekaëderflächen zeigten sich +, nur hin und wieder trat — auf. Es beweisen diese Versuche jedoch keineswegs unbedingt das Nichtvorhandenseyn dieser Pole, da es sehr gut möglich ist, dafs sie nur schwach sind, und ihre Elektricität durch den Einflufs der nahe gelegenen Ecken gestört wird.

Es diente zu dieser Untersuchung das schon früher so vielfach untersuchte (Versuchsreihe I — XX der frühern Abhandlung) Rhombendodekaëder von ungefähr $1\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser. Der Krystall wurde dieses Mal nur so stark erhitzt, dafs beim Erkalten blofs ein Wechsel eintrat, während früher die Hitze so hoch gesteigert war, dafs beim Erkalten 2 Wechsel sich zeigten. Diese Verschiedenheit der Temperatur, welcher der Krystall in den beiden Versuchsreihen ausgesetzt war, übte auf die Elektricität der Octaëderecken einen merkwürdigen Einflufs aus. Beim Erkalten nämlich (beim Erwärmen wurde nicht beobachtet) zeigten die Octaëderecken gerade die umgekehrte Folge in dem Auftreten der Elektricität, als in den früheren Versuchen (I — XX.); eine Ecke, die früher beim Erkalten + — war, zeigte jetzt — + und umgekehrt. Diefs trat namentlich an den stärksten Octaë-

derecken auf das Bestimmteste heraus (es waren nämlich jetzt sowohl als früher, nicht alle Ecken gleich stark, aber diese relative Stärke hatte sich durch die Verschiedenheit der Temperatur, welcher der Krystall ausgesetzt gewesen war, nicht merklich geändert). Die Würfelecken zeigten ihre Elektricität wie früher.

IV. *Eisenwasserstoff.*

Hr. A. Dupasquier, Prof. der Chemie zu Lyon, hat beobachtet, dafs, wenn man Eisen (Nägel, Draht, Feilicht) in Salzsäure oder besser Schwefelsäure auflöst, das entwickelte Wasserstoffgas nicht nur metallisch und knoblauchartig riecht, und, angezündet, mit äufserlich gelber, innerlich grüner Flamme brennt, sondern auch (vermuthlich auf eine gegenübergehaltene Porzellanplatte) rostfarbene, oder röthliche und zuweilen metallisch irisirende Flecke absetzt. Diefs ist der Fall, so lange die Gasentwicklung dauert, und wenn man auch, um jede Spur von mechanisch fortgerissenem Eisensalz zurückzuhalten, das Gas zuvor durch vier mit Aetzkalilauge gefüllte Flaschen geleitet hat. Das Eisen ist also mit Wasserstoff zu Eisenwasserstoff verbunden. Dieses und Phosphorwasserstoff sind die einzigen Gase, welche von der Aetzkalilauge nicht absorbirt werden. Leitet man nun das so gereinigte Gas einige Stunden lang in concentrirte Salpetersäure von 45°, so findet man hernach darin etwas Eisenoxyd und Phosphorsäure. Die erwähnten gelben Flecke verschwinden durch Chlorgas augenblicklich, lösen sich in Salpetersäure, und reagiren mittelst Cyancyankalium, Schwefelwasserstoffammoniak u. s. w. unzweideutig auf Eisen. Durch Waschen mit einer Auflösung von Quecksilberchlorid wird das Eisenwasserstoffgas vollständig zersetzt, und diefs ist ein Mittel sich reines Wasserstoffgas zu verschaffen. (*Compt. rend. T. XIV. p.* 511.)

V. *Ueber die Schwefelcyanmetalle; von Meitzendorff.*

Es sind fast dreifsig Jahre verflossen, seit Porret seine Versuche über die Schwefelcyanmetalle bekannt gemacht hat [1]), die aufserdem so wenig vollständig waren, dafs man von der Mehrzahl dieser Salze fast nichts weiter anzugeben weifs, als dafs sie in Wasser leicht auflöslich seyen. Später beschrieb Th. v. Grotthufs einige dieser Verbindungen [2]), doch war seine Arbeit, gleichwie die spätere von Berzelius, mehr auf die Zusammensetzung der Säure selbst und des Kalisalzes gerichtet.

In neuerer Zeit untersuchte Liebig [3]) das neutrale und basische Schwefelcyanblei, so wie Claus [4]) das Kupfer- und Quecksilbersalz, Boekmann [5]) endlich die Doppelsalze, welche das Quecksilbercyanid mit verschiedenen Sulfocyaniden bildet.

Ich habe mich in dem Laboratorium des Hrn. Dr. Rammelsberg in Berlin mit der Darstellung und näheren Untersuchung dieser Klasse von Verbindungen beschäftigt, und theile im Nachfolgenden die Resultate der Arbeit mit, in welcher einzelne Punkte, wie z. B. die merkwürdige Zersetzung, welche das Sulfocyanür des Kupfers durch Wasser erfährt, von besonderem Interesse seyn möchten.

Die zur Darstellung der Salze erforderliche Säure wurde stets durch Destillation aus dem Schwefelcyanka-

1) *Phil. Transact. f.* 1814. — Schweigg. Journ. XVII. S. 274.

2) Schweigg. Journ. S. XX. 226.

3) Diese Annalen, Bd. XV. S. 545.

4) Journ. f. prakt. Chemie, XV. S. 401.

5) Annalen der Pharmacie, XXII. S. 153.

lium mittelst einer Säure dargestellt. Die angewandte Säure war verschiedener Art, es wurde Schwefelsäure, Phosphorsäure oder Weinsteinsäure dazu genommen, ohne dadurch eine wesentliche Verschiedenheit hinsichts der Ausbeute an Säure zu erhalten. Auch waren die Nebenproducte dieselben, die in einer Entwicklung von Cyanwasserstoff, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff bestanden.

Im Rückstande befand sich, aufser dem Kalisalze und dem gleichzeitig gebildeten Ammoniaksalze, ein unlöslicher, gelber und flockiger Körper, den man im Allgemeinen für Schwefelcyan hält.

Diefs sind die Nebenproducte, deren Quantitäten nach der Verschiedenheit der angewendeten Säuremenge und ihrer Verdünnung oder nach der Temperatur bei der Destillation veränderlich waren.

Stärkere und mehr Säure, so wie höhere Temperatur gaben mehr von ihnen; weniger und verdünntere Säure, so wie niedrigere Temperatur erhöhten dagegen die Ausbeute an Schwefelcyanwasserstoffsäure, und die Erzeugung von Schwefelkohlenstoff blieb mitunter ganz aus.

Um eine nicht zu schwache Säure zu er halten, wurde das Verhältnifs von gleichen Atomen Schwefelcyankalium und Schwefelsäure, letztere mit dem vierfachen Gewichte Wasser verdünnt, angewendet, und dabei das günstigste Resultat erhalten. Die Schwefelcyanwasserstoffsäure hatte dann ein spec. Gewicht von 1,0082.

Die Menge der erwähnten Nebenproducte war Ursache, dafs man durch Sättigung der Säure mit Kali nur etwa halb so viel Salz erhielt, als zu ihrer Darstellung nöthig war.

Vogel giebt an [1]), dafs sich nur dann Schwefelwasserstoff bei der Destillation der Schwefelcyanwasserstoffsäure entwickle, wenn bei der Bereitung des dazu verwendeten Schwefelcyankaliums das Gemenge von Blut-

1) Schweigg. Journ. XXIII. S. 15.

laugensalz und Schwefel bei zu hoher Temperatur zusammengeschmolzen sey, was zur Bildung von Schwefelkalium Veranlassung gebe, und dafs mithin kein Schwefelwasserstoff frei würde, wenn das zur Destillation angewendete Schwefelcyankalium frei von Schwefelkalium sey.

Bei den vielfach angestellten Destillationen, wozu ein Schwefelcyankalium genommen wurde, welches ganz rein war, hat sich aber stets Schwefelwasserstoff entwickelt, ein Beweis, dafs schon allein die Einwirkung der angewandten Säure bei erhöhter Temperatur hinreicht, um das Schwefelcyankalium auf diese Weise zu zersetzen.

Man hat angegeben, dafs bei Anwendung von Schwefelsäure diese mit schwefliger Säure verunreinigt würde; dieses findet aber nicht statt, da bei der Destillation sich immer ein Ueberschufs von Schwefelwasserstoff entwikkelt. Man erhält dann freilich eine Säure, welche von niedergefallenem Schwefel getrübt ist, die aber nach kurzer Zeit vollständig klar wird und keine schweflige Säure enthält. Wenn man die erhaltene Schwefelcyanwasserstoffsäure, die mit Schwefelwasserstoff und Cyanwasserstoff verunreinigt ist, in flachen Schaalen, die mit Papier bedeckt sind, einige Tage dem Zutritt der Luft aussetzt, so verdunsten diese Beimengungen vollständig.

Andere Bereitungsmethoden der Säure wurden zwar auch versucht, erwiesen sich jedoch nicht vortheilhafter. So z. B. die Zersetzung der basischen Bleiverbindung durch Schwefelwasserstoffgas, welche wegen der Unlöslichkeit und Schwere jenes Körpers nur sehr langsam und unvollständig erfolgt.

Schwefelcyannatrium.

Es wurde durch Sättigen von Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Natron dargestellt. Durch Abdampfen im Wasserbade wurde die Lösung concentrirt, und da die Krystallisation, wegen der grofsen Zerfliefslichkeit des Schwefelcyannatriums, in der freien Luft

nicht stattfinden konnte, so wurde die concentrirte Lösung unter eine Glocke über Schwefelsäure gestellt.

Das Schwefelcyannatrium krystallisirte langsam in rhombischen Tafeln. Aus einer weingeistigen Auflösung schiefst es besser an, als aus einer wäfsrigen. Das Salz ist in Wasser und Alkohol sehr leicht löslich und eben so zerfliefslich.

Wegen dieser grofsen Neigung, zu zerfliefsen, ist es sehr schwierig, das Salz zu einer Analyse geeignet zu erhalten, da es schon während des Trocknens der Krystalle zwischen Löschpapier Feuchtigkeit anzieht, und, setzt man diefs fort, selbst zerfliefst.

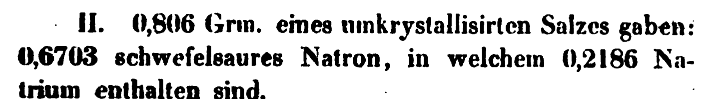
Aus diesem Verhalten ist auch der Verlust bei den angestellten Analysen abzuleiten.

Das so viel als möglich getrocknete Salz, welches einmal aus einer wäfsrigen, das andere Mal aus einer alkoholischen Auflösung krystallisirt war, wurde in einem Platintiegel mit mäfsig verdünnter Schwefelsäure übergossen. Unter Entwicklung von Cyanwasserstoff und Schwefelcyanwasserstoff zersetzte sich das Salz, wobei sich ein gelber flockiger Körper abschied. Beim Abdampfen der Masse entwickelte sich schweflige Säure und später Schwefelkohlenstoff, so wie Cyangas, wobei ein Theil vom Schwefel aus dem Tiegel herausbrannte. Zuletzt blieb schwefelsaures Natron zurück, welches beim Glühen in einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammoniak von seiner überschüssigen Schwefelsäure befreit wurde.

Bei einer von den angestellten Analysen zeigte sich bei angewendeter Glühhitze eine sehr schöne Lichterscheinung, die sehr lebhaft war und längere Zeit dauerte. Die ganze Masse im Tiegel erglühte nämlich mit rosenrother Farbe. Diese Lichterscheinung wurde bei wiederholten Zersetzungen nicht wieder beobachtet.

Die Resultate von vier Analysen waren folgende:

I. 1,185 Grm., welche aus einer wäfsrigen Auflösung krystallisirt waren, gaben 1,011 schwefelsaures Natron, in welchen 0,329 Natrium enthalten sind.



II. 0,806 Grm. eines unkrystallisirten Salzes gaben: 0,6703 schwefelsaures Natron, in welchem 0,2186 Natrium enthalten sind.

III. 0,564 Grm. aus einer alkoholischen Auflösung krystallisirt, gaben: 0,471 schwefelsaures Natron, in welchen 0,153 Natrium enthalten sind.

IV. 1,620 Grm. eines unkrystallisirten Salzes gaben: 1,382 schwefelsaures Natron, in welchen 0,450 Natrium enthalten sind.

Folglich enthalten 100 Theile des Salzes, wenn man aus den Natriumgehalt das Schwefelcyan berechnet:

	I.	II.	III.	IV.
Natrium	27,84	27,121	27,12	27,77
Schwefelcyan	69,95	68,262	68,27	69,87
Verlust (Wasser)	2,21	4,617	4,61	2,36
	100,00.	100,000.	100,00.	100,00.

Da die Quantität Wasser, worin der Verlust bei dieser Analyse besteht, viel weniger als 1 Atom ausmacht (=9,91 Proc.), so ist das Salz, gleich dem Kaliumsalze, wasserfrei.

Die berechnete Zusammensetzung ist:

Natrium	28,43
Schwefelcyan	71,57
	100,00.

Schwefelcyanammonium.

Das Schwefelcyanammonium wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Ammoniak dargestellt.

Nach dem Concentriren im Wasserbade krystallisirte das Salz über Schwefelsäure in glänzenden Tafeln. Es ist weniger leicht zerfliefslich als das Natriumsalz, leicht auflöslich in Wasser und Alkohol, und effloresciirt gern.

Um einen etwaigen Wassergehalt zu bestimmen, wur-

den 1,201 Grm. des Salzes zwischen Löschpapier gut getrocknet, in Wasser gelöst und in einem Kolben mit einem Ueberschuſs von kaustischem Kali versetzt und gekocht.

Um sicher alles Ammoniak überzutreiben, wurde ein groſser Theil der Flüssigkeit in die verdünnte Chlorwasserstoffsäure der Vorlage überdestillirt. Die erhaltene Auflösung von Chlorwasserstoff-Ammoniak wurde dann in einer Platinschale bis zur Trockniſs abgedampft, der Rest vorsichtig und scharf getrocknet, und, um einen Gehalt an Chlorkalium in Abrechnung bringen zu können, verflüchtigt.

1,201 Grm. des Salzes gaben so 0,808 Chlorwasserstoff-Ammoniak = 0,279 Ammonium.

Mithin in 100 Theilen:

		Berechnet.
Ammonium	23,23	23,66
Schwefelcyan		76,34
		100,00.

Es wäre danach auch das Schwefelcyanammonium ein wasserfreies Salz.

Die merkwürdigen Zersetzungsproducte dieses Salzes bei erhöhter Temperatur sind von Liebig untersucht worden.

Schwefelcyanbaryum.

Dieses Salz wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurer Baryterde dargestellt. Die concentrirte Lösung schieſst, über Schwefelsäure gestellt, in langen Nadeln an, die zerflieſslich sind, bei fortgesetztem Stehen über Schwefelsäure aber verwittern. Sie sind in Wasser und Alkohol leicht löslich.

Zur Bestimmung des Wassergehalts wurden 2,164 Grm. des Salzes, sorgfältig getrocknet, in Wasser gelöst, die Auflösung sauer gemacht und mit Schwefelsäure die Baryterde gefällt.

Nach dem Trocknen und Glühen wog dieselbe 1,738, in welchen 1,0215 Baryum enthalten sind.

Danach in 100 Theilen:

		Berechnet.
Baryum	47,25	47,23
Schwefelcyan		40,36
Wasser		12,41
		100,00.

Die Formel wäre danach $\overset{''}{Ba}Cy + 2\dot{H}$ [1]).

Diese 12 Proc. Wasser verliert das Salz bei einer Temperatur zwischen 160° und 170°. Wird das Salz beim Zutritt der Luft erhitzt, so bräunt es sich, schmilzt, entwickelt schweflige Säure, Cyangas, Schwefelkohlenstoff, Stickgas und ein Theil vom Schwefel brennt fort. In der Glühhitze zeigt es eine ähnliche Lichterscheinung, wie die war, welche bei der Zersetzung des Natriumsalzes beobachtet wurde. Wasser löst aus dem Rückstande Schwefelbaryum auf, ungelöst bleiben kohlensaure und schwefelsaure Baryterde.

Das von seinem Wassergehalte befreite Salz wurde beim Ausschlufs der Luft einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. Es bräunte sich und schmolz zusammen.

Der Rückstand erstarrte nach dem Erkalten krystallinisch, und enthielt das unzersetzte Salz.

Etwas sublimirter Schwefel, eine Spur von Schwefelwasserstoff, in der mit Wasser gefüllten Vorlage aufgefangen, sehr wenig Stickgas und im Rückstande etwas Kohle waren Nebenproducte, die wohl nur dadurch entstanden waren, dafs das Salz eine Spur von Feuchtigkeit enthalten hatte.

1) Porret erhielt aus 10 Gran des Salzes 10,5 schwefelsauren Baryt, d. h. 61,7 Proc. Baryum. Aber selbst das wasserfreie Salz enthält nur 53,9 Proc. von letzterem.

Schwefelcyanstrontium.

Es wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurer Strontianerde dargestellt.

Durch Abdampfen im Wasserbade concentrirt, krystallisirte das Salz über Schwefelsäure in warzenförmigen Massen. Auch aus einer alkoholischen Auflösung wurden keine guten Krystalle erhalten. Das Salz zerfliefst leicht, und verwittert, wenn man es länger über Schwefelsäure stehen läfst.

Es ist in Wasser und Alkohol leicht löslich.

2,3715 Grm., welche aus einer weingeistigen Auflösung krystallisirt waren, wurden zwischen Löschpapier getrocknet, in Alkohol gelöst und die Strontianerde mit Schwefelsäure gefällt. Nach dem Glühen wurden 1,711 schwefelsaure Strontianerde erhalten, welche 0,815 Strontium entsprechen.

In 100 Theilen also:

		Berechnet.
Strontium	34,36	33,84
Schwefelcyan		45,28
Wasser	-	20,88
		100,00.

Diefs würde die Formel $Sr\overset{''}{C}y + 3\dot{H}$ geben.

Das Salz giebt sein Wasser bei erhöhter Temperatur nur schwierig ab, und fängt zwischen 160° und 170° an sich zu zersetzen.

Die Zersetzungsproducte sind denen des Baryumsalzes analog.

Schwefelcyancalcium.

Das Salz wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurer Kalkerde dargestellt.

Nachdem die Auflösung im Wasserbade abgedampft war, krystallisirte das Salz erst nach langer Zeit über

Schwefelsäure. Die Krystallform konnte nicht bestimmt werden.

Es ist ein sehr leicht zerfliefsliches Salz, welches nach längerem Stehen über Schwefelsäure verwittert. Auch in Alkohol ist es leicht löslich.

I. 2,35 Grm., die aus einer alkoholischen Auflösung krystallisirt waren, wurden getrocknet und mit Schwefelsäure zersetzt. Nach dem Abdampfen der Masse und Verjagen der überschüssigen Schwefelsäure wurden 1,444 schwefelsaure Kalkerde erhalten =0,431 Calcium.

II. Eine andere Analyse von einem umkrystallisirten Salze gab von 1,765 Grm. 1,088 schwefelsaure Kalkerde =0,322 Calcium.

Mithin in 100 Theilen:

	I.	II.	Berechnet.
Calcium	18,34	18,24	19,31
Schwefelcyan			55,23
Wasser			25,46
			100,00.

Es wären diese Resultate folglich annähernd der Formel $Ca\overset{\prime\prime}{Cy}+3\dot{H}$ gemäfs.

Dieses Wasser verliert auch das Calciumsalz noch nicht vollständig bei einer Temperatur zwischen 160° und 170°, wobei es sich zu zersetzen anfängt.

In höheren Temperaturen verhält es sich dem Baryumsalze analog.

Schwefelcyanmagnesium.

Das Salz wurde ebenfalls durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurer Talkerde dargestellt.

Es krystallisirt nach dem Abdampfen über Schwefelsäure in nicht zu bestimmender Form. Es ist in Wasser und Alkohol leicht löslich.

1,021 Grm. wurden zwischen Löschpapier getrocknet,

mit Schwefelsäure zersetzt und die überschüssige Schwefelsäure durch Abdampfen verflüchtigt. Es wurden so 0,582 schwefelsaure Talkerde erhalten, welche 0,121 Magnesium entsprechen. Danach wären in 100 Theilen:

		Berechnet.
Magnesium	11,85	11,81
Schwefelcyan		54,62
Wasser		33,57
		100,00.

Daraus würde sich die Formel $Mg\overset{''}{Cy} + 4\dot{\text{H}}$ ergeben.

Das Salz konnte ohne bedeutende Zersetzung nicht von seinem Wasser vollständig befreit werden.

Wird es, so viel als möglich davon befreit, einer erhöhten Temperatur beim Ausschlufs der Luft ausgesetzt, so schmilzt es unter Aufblähen und bräunt sich. Unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und Stickgas wird es endlich fest und pulvrig. Dieser Rückstand wird von Wasser nicht vollständig gelöst, das Ungelöste besteht aus kohlensaurer Talkerde, der aufgelöste Theil hingegen entwickelt mit Säuren Schwefelwasserstoff und fällt Bleioxydauflösungen mit brauner Farbe. Er enthält also Schwefelmagnesium, welches sich hier im Entstehungsmomente in fester Form hat bilden können.

Schwefelcyanaluminium.

Das zur Darstellung dieses Salzes nöthige Thonerdehydrat wurde aus einer Auflösung von Alaun mittelst kohlensauren Kalis gefällt. Dieses von Schwefelsäure freie Thonerdehydrat wurde, nach nochmaliger Fällung durch Ammoniak, mit Schwefelcyanwasserstoffsäure zusammengebracht und die Auflösung durch Erwärmen unterstützt. Sie ging nur sehr langsam von statten. Die etwas trübe Flüssigkeit wurde filtrirt und im Wasserbade abgedampft. Sie trübte sich dabei sehr bald wieder, und setzte beim fortgesetzten Abdampfen immer

mehr von einer gelben Substanz an die Wände der Abdampfschale ab. Unter Entweichen von Schwefelcyanwasserstoffsäure wurde endlich die Masse trocken. Wasser löste von dem trocknen Rückstande einen Theil auf, der andere blieb als gelbe Flocken ungelöst.

Der aufgelöste Theil wurde über Schwefelsäure gestellt, über welcher er nach längerer Zeit gummiartig eintrocknete. Der ungelöste Theil hingegen sah gelb aus, wurde durch Trocknen über Schwefelsäure hart, und Säuren griffen ihn dann wenig an. Kali hingegen löste ihn beim Kochen auf. Der aufgelöste Theil ist wohl das neutrale Salz, der ungelöste hingegen ein basisches, welches sich durch Verlust an Schwefelcyanwasserstoffsäure gebildet hat.

Porret will das Schwefelcyanaluminium in Octaëdern krystallisirt erhalten haben. Vielleicht waren diese Krystalle nichts weiter als Alaun.

Schwefelcyanmangan.

Das Schwefelcyanmangan wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Manganoxydul dargestellt. Es krystallisirt über Schwefelsäure in nicht zu bestimmender Form, und ist in Wasser und Alkohol leicht löslich.

1,8875 Grm. des Salzes wurden zwischen Löschpapier getrocknet, in Wasser aufgelöst und das Manganoxydul mit kohlensaurem Natron gefällt. Nach dem Glühen gab dasselbe 0,63 Grm. Manganoxyd-Oxydul, in welchen 0,454 Mangan enthalten sind.

Danach in 100 Theilen:

		Berechnet.
Mangan	24,05	24,43
Schwefelcyan		51,73
Wasser		23,84
		100,00.

Diese Zusammensetzung würde der Formel $Mn\,\overset{\prime\prime}{Cy}+3\dot{H}$ entsprechen.

Bei einer Temperatur zwischen 160° und 170° verliert das Salz dieses Wasser.

Das von seinem Wassergehalte befreite Salz wurde beim Ausschlufs der Luft einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. Es bräunte sich dabei, schmolz zusammen und verwandelte sich bei Glühhitze endlich in ein trocknes, schwärzliches Pulver. Es entband sich dabei Stickgas, Cyangas und viel Schwefelkohlenstoff. Aus dem Rückstande entwickelte Chlorwasserstoffsäure Schwefelwasserstoff, mit Hinterlassung eines schwarzen Pulvers, welches, im Platinlöffel erhitzt, verglimmte und vorzugsweise Kohle war.

Das wesentliche Product der Zersetzung war also Schwefelmangan.

Schwefelcyanzink.

Das Schwefelcyanzink mufste durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit frisch gefälltem kohlensaurem Zinkoxyd dargestellt werden, da die Säure, wohl wegen ihrer Verdünnung, sehr wenig auf das geglühte Zinkoxyd einwirkt.

Es ist in Wasser und Alkohol löslich, obgleich nicht so leicht, als die vorhergehenden Salze. Seine Auflösung effloreseirt gern.

1,2505 Grm., welche aus einer weingeistigen Auflösung krystallisirt waren, wurden nach dem Trocken zwischen Papier in Wasser gelöst und mit kohlensaurem Natron kochend gefällt. Nach dem Glühen wurden 0,555 Zinkoxyd erhalten = 0,4447 Zink. Danach wäre in 100 Theilen:

		Berechnet.
Zink	36,56	35,51
Schwefelcyan		64,49
		100,00.



Es wäre demnach ein wasserfreies Salz.

Als das Salz beim Ausschlufs der Luft und gut getrocknet erhitzt wurde, so bräunte es sich, schmolz unter heftigem Aufbrausen zusammen, und hinterliefs zuletzt einen schmutzig weifsen und porösen Rückstand. Es sublimirte Schwefel und entwickelte sich Stickgas, Cyangas und Schwefelkohlenstoff.

Der Rückstand wurde von Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff nicht vollständig gelöst, es blieb ein gelbliches Pulver zurück. Auch Salpetersäure löste, unter Bildung von Schwefelsäure, den Rückstand nicht vollständig. Das gelbe Pulver verglimmte beim Erhitzen im Platinlöffel. In einer Glasröhre beim Zutritt der Luft geglüht, sublimirte ein weifslicher Körper, der mit Kali übergossen, deutlich Ammoniak entwickelte. Im Rückstande war also, aufser Schwefelzink, noch ein stickstoffhaltiger Körper, der vielleicht Mellon ist, dessen geringe Menge jedoch eine genaue Prüfung verhinderte.

Schwefelcyanzink-Ammoniak.

Schwefelcyanzink löst sich in flüssigem Ammoniak leicht auf. Verdampft man diese Auflösung, indem man von Zeit zu Zeit etwas Ammoniak hinzufügt, so schiefsen nach dem Erkalten glänzendweifse Krystalle von Schwefelcyanzink-Ammoniak an. Aus der Mutterlauge kann man durch erneuertes Abdampfen und Zusatz von Ammoniak eine neue Quantität derselben erhalten.

Die Krystalle erscheinen als rhombische Prismen von 112° 45′, welche öfters durch Abstumpfung der scharfen Seitenkanten sechsseitig werden. In der Endigung bemerkt man eine vierflächige Zuspitzung, einem Rhombenoctaëder angehörig, doch mit ungleicher Ausbildung des vorderen und hinteren Paars, was auf ein 2- und 1gliedriges System hindeutet. Die Flächen von jenem neigen sich unter 156° 10′.

Da Schwefelcyanzink-Ammoniak wird vom Wasser unter Abscheidung von Zinkoxyd zersetzt.

Es wurden 1,76 Grm. des Salzes mit Wasser übergossen, und mit einem Ueberschufs von kaustischem Kali in einem Destillationsgefäfse so lange gekocht, bis sämmtliches Ammoniak in die verdünnte Chlorwasserstoffsäure enthaltende Vorlage übergetrieben war.

Das in Kali ungelöst gebliebene Zinkoxyd wurde abfiltrirt, und aus der durchgegangenen Flüssigkeit mittelst Schwefelwasserstoff alles aufgelöste Zinkoxyd als Schwefelzink gefällt. Dieses sowohl, als das ungelöste Zinkoxyd auf dem Filtrum, wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mit kohlensaurem Natron gefällt.

Die erhaltenen Mengen von kohlensaurem Zinkoxyd gaben nach dem Glühen 0,664 Zinkoxyd =0,552 Zink.

Die Flüssigkeit in der Vorlage, welche das Ammoniak enthielt, wurde in einer Platinschale bis zur Trocknifs abgedampft, der Rückstand getrocknet und durch Verflüchtigen ein Gehalt an Chlorkalium bestimmt.

Es wurden 0,8625 Chlorwasserstoff-Ammoniak erhalten, welche 0,276 Ammoniak entsprechen. Danach wären in 100 Theilen:

		Berechnet.
Zink	30,22	29,87
Schwefelcyan		54,25
Ammoniak	15,68	15,88
		100,00.

Diefs entspräche der Formel $Zn\overset{\prime\prime}{C}y + NH^3$.

Schwefelcyankobalt.

Es wurde durch Sättigen von Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Kobaltoxydul in frisch gefälltem Zustande dargestellt. Dasselbe löste sich mit schöner rother Farbe in der Säure auf. Bei dem Abdampfen im Wasserbade wurde die Auflösung bei einer gewissen

Concentration blau. Es wollte indessen nicht gelingen, Krystalle zu erhalten. Ueber Schwefelsäure gestellt, trocknete die Auflösung zu einer gelblichbraunen krystallinischen Masse ein. Auch aus einer Auflösung in Alkohol wollte das Salz nicht besser krystallisiren.

Die krystallinische Masse ist in Wasser und Alkohol leicht löslich.

0,8807 Grm. gaben 0,4405 Grm. schwefelsaures Kobaltoxydul, in welchen 0,281 Kobalt enthalten sind. Danach in 100 Theilen:

		Berechnet.
Kobalt	31,90	31,87
Schwefelcyan		63,26
Wasser		4,87
		100,00.

Es wäre demnach nach der Formel $2\,\mathrm{Co}\,\overset{\prime\prime}{\mathrm{Cy}} + \dot{\mathrm{H}}$ zusammengesetzt. Dieses Wasser verliert das Salz bei 150°.

Das Salz wurde nicht bei höherer Temperatur zersetzt, da es wohl ganz analoge Zersetzungsproducte wie das Nickelsalz geben dürfte.

Schwefelcyankobalt-Ammoniak.

Das Schwefelcyankobalt wird beim gehörigen Zusatz von flüssigem Ammoniak zu einer rothbräunlichen Flüssigkeit aufgelöst. Nach dem Abdampfen, unter Zusatz von Ammoniak, erhält man eine rothbraune Auflösung von Schwefelcyankobalt-Ammoniak, die nicht krystallisirt. Sie trocknet zuletzt über Schwefelsäure zu einem rothbraunen Pulver ein, welches mit blau gefärbten Krystallen gemischt ist. Diese sind in Alkohol löslich, und können dadurch von dem unlöslichen Pulver getrennt werden.

Sie krystallisiren leicht über Schwefelsäure und zerfließen an der Luft. Das braune Pulver ist in Wasser mit schöner rother Farbe löslich.

Das braune Pulver sowohl, als die blauen Krystalle

sind Verbindungen des Schwefelcyankobalts mit Ammoniak, deren Zusammensetzung aber nicht weiter untersucht wurde.

Schwefelcyannickel.

Das Schwefelcyannickel wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit frisch gefälltem kohlensaurem Nickeloxyd dargestellt. Die Auflösung geschah mit schön grüner Farbe.

Durch Abdampfen wollte es nicht gelingen gute Krystalle zu erhalten; der freiwilligen Verdunstung überlassen, nahm die Auflösung Syrupconsistenz an, ohne zu krystallisiren; über Schwefelsäure trocknete sie zu einem gelblichen krystallinischen Pulver ein. Auch bei Anwendung von Alkohol als Lösungsmittel wurde kein besseres Resultat erhalten.

1,172 Grm. davon wurden in Wasser gelöst und mit einem Ueberschufs von kaustischem Kali erwärmt. Das Nickeloxyd war nach dem Glühen =0,474, die 0,373 Nickel entsprechen. Danach in 100 Theilen:

		Berechnet.
Nickel	31,82	31,92
Schwefelcyan		63,22
Wasser		4,86
		100,00.

Die Formel wäre also $2\text{Ni}\overset{\prime\prime}{\text{Cy}}+\dot{\text{H}}$.

Dieses Wasser verliert das Salz bei 150°.

Das Salz wurde von seinem Wassergehalte befreit und beim Ausschlufs der Luft erhitzt. Es färbte sich bei der ersten Einwirkung der Hitze braun und zersetzte sich dann unter lebhafter Gasentwicklung. Es sublimirte dabei Schwefel, Schwefelkohlenstoff ging in die mit Wasser gefüllte Vorlage über, und es entwickelte sich Cyangas und Stickgas. Der Rückstand war ein braunes Pulver, welches Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung

von Schwefelwasserstoff nicht vollständig auflöste. Der ungelöste Rückstand sah schwarz aus, verglimmte, in einem Platinlöffel erhitzt, mit Zurücklassung von Nickeloxyd. Es wurde mithin bei der Zersetzung des Schwefelcyannickels Schwefel- und vielleicht Kohlennickel gebildet.

Schwefelcyannickel-Ammoniak.

Das Schwefelcyannickel löst sich vollständig in Ammoniak mit blauer Farbe auf. Nach der Concentration im Wasserbade, unter Zusatz von Ammoniak, erhält man nach dem Erkalten glänzende blaue Krystalle der Ammoniakverbindung.

Die Mutterlauge giebt nach neuem Abdampfen, unter Zusatz von Ammoniak, noch mehr derselben.

Sie verwittern langsam an der Luft und werden von Wasser zersetzt, wobei Nickeloxyd sich abscheidet und Ammoniak frei wird.

1,407 Grm. wurden gepulvert und zwischen Löschpapier getrocknet, dann mit Aetzkali auf die beim Zinksalze angegebene Art zerlegt.

Das erhaltene Nickeloxyd war nach dem Glühen =0,444 Grm., in denen 0,349 Nickel enthalten sind. An Chlorwasserstoff-Ammoniak wurden 1,1905 erhalten, welche 0,382 Ammoniak entsprechen. Danach in 100 Theilen:

		Berechnet.
Nickel	24,80	24,15
Schwefelcyan		47,83
Ammoniak	27,15	28,02
		100,00.

Entsprechend der Formel: $\overset{''}{Ni}Cy + 2NH^3$.

Schwefelcyaneisen.

a) Eisensulfocyanür.

Durch Wechselzersetzung von Schwefelcyanbaryum und schwefelsaurem Eisenoxydul erhält man eine farblose Flüssigkeit, welche sich beim Abdampfen schnell röthet und in Sulfocyanid übergeht.

b) Eisensulfocyanid.

Frisch gefälltes Eisenoxydhydrat löst sich in der Säure mit intensiv rother Farbe auf. Wenn man aus dieser Flüssigkeit durch Abdampfen im Wasserbade das Salz in fester Form darzustellen sucht, so erleidet es dabei eine partielle Zersetzung. Es ist nämlich nicht mehr vollständig in Wasser löslich; es bleibt ein brauner Rückstand, und die Flüssigkeit besitzt nicht mehr die frühere gesättigte Farbe. Durch mehrfach wiederholtes Abdampfen wird sie zuletzt fast ganz farblos.

Jener Rückstand, den man zunächst für ein basisches Salz halten sollte, scheint reines Eisenoxydhydrat zu seyn. Denn kocht man ihn mit Kali, neutralisirt die Flüssigkeit mit einer Säure und fügt dann ein Eisenoxydsalz hinzu, so entsteht keine Röthung.

Die fast entfärbte Flüssigkeit enthält eine nicht unbeträchtliche Quantität Eisen, merkwürdigerweise jedoch als Eisensulfocyanür; denn Ammoniak schlägt daraus grünes Eisenoxydulhydrat nieder, welches sich an der Luft oxydirt. Aufserdem zeigt sie einen Gehalt an Schwefelsäure, der sich in der ursprünglichen Auflösung des Sulfocyanids nicht entdecken liefs.

Auch schon durch blofses Kochen einer verdünnten Auflösung von Sulfocyanid erfolgt diese Zersetzung, welche sich durch Verminderung der Farbe und Bildung von Schwefelsäure zu erkennen giebt. Alkalien fällen dann Eisenoxydoxydul mit fast schwarzer Farbe.

Vermischt man die Auflösung vom Sulfocyanid mit Al-

Alkohol und kocht, so bildet sich unter vollständiger Entfärbung ein brauner Niederschlag, während gleichzeitig der Geruch der Blausäure hervortritt. Beim Uebersättigen mit einer Säure bleibt Berlinerblau zurück.

Die Zersetzung des Sulfocyanids vom Eisen beim Erhitzen mit Wasser scheint ganz analog derjenigen zu seyn, welche das Sulfocyanid des Kupfers vom Wasser schon in der Kälte erfährt, und welche wir weiter unten ausführlicher beschreiben werden. Es bilden sich Sulfocyanür, Schwefelsäure und wahrscheinlich auch Cyanwasserstoffsäure, deren geringe Menge während des Abdampfens indessen nicht gut durch den Geruch wahrzunehmen ist.

Wird die abgedampfte Masse in einem Destillationsgefäfse erhitzt, so entwickeln sich Cyan, Stickgas und Schwefelkohlenstoff, während ein schwarzes pulvriges, Kohlenstoff enthaltendes Schwefeleisen hinterbleibt.

Schwefelcyankadmium.

Das Salz wurde durch Sättigen der Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Kadmiumoxyd dargestellt.

Beim Abdampfen im Wasserbade fiel schon bei nicht sehr vorgeschrittener Concentration schwerlösliches Schwefelcyankadmium krystallinisch nieder.

Die Krystalle waren farblos, glänzend, die Form bei ihrer Kleinheit nicht zu bestimmen.

1,081 Grm. des Salzes wurden längere Zeit über Schwefelsäure getrocknet, dann in Wasser aufgelöst und mit kohlensaurem Natron das Kadmiumoxyd unter Erwärmen gefällt. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit fällte Schwefelwasserstoffgas noch etwas Schwefelkadmium, welches in Chlorwasserstoffsäure gelöst und dann mit kohlensaurem Natron gefällt wurde. Beide Mengen von kohlensaurem Cadmiumoxyd gaben nach dem Glühen 0,602

Grm. Kadmiumoxyd, in denen 0,526 Kadmium enthalten sind. Danach also in 100 Theilen:

		Berechnet.
Kadmium	48,66	48,75
Schwefelcyan		51,25
		100,00.

Es ist mithin, gleich der Zinkverbindung, ein wasserfreies Salz.

Schwefelcyankadmium-Ammoniak.

Das Schwefelcyankadmium löst sich in Ammoniak vollständig auf. Die Auflösung läfst, ist sie concentrirt genug, glänzend weifse Krystalle von Schwefelcyankadmium-Ammoniak fallen. Aus der Mutterlauge kann man durch erneutes Abdampfen, unter Zusatz von Ammoniak, eine neue Menge dieser Verbindung erhalten. Sie wird, ganz wie die früheren Verbindungen dieser Art, von Wasser unter Abscheidung von Kadmiumoxyd zersetzt.

1,2335 Grm., welche über Schwefelsäure lange aufbewahrt worden, wurden mit Wasser übergossen, und sodann, wie früher, mit Kalilauge der Destillation unterworfen.

Das gefällte Kadmiumoxyd wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst, und mit Schwefelwasserstoffgas gefällt.

Das Schwefelkadmium wurde auf ein gewogenes Filtrum gebracht, und so lange getrocknet, bis es nichts mehr am Gewicht verlor. Es war =0,675 Grm., in denen 0,523 Kadmium enthalten sind.

Aufserdem wurden 0,480 Grm. Chlorwasserstoff-Ammoniak erhalten, die =0,154 Ammoniak sind.

In 100 Theilen also:

		Berechnet.
Kadmium	42,39	42,40
Schwefelcyan		44,55
Ammoniak	12,48	13,05
		100,00.

Der Formel $Cd\overset{''}{Cy} + NH^3$ entsprechend.

Schwefelcyanwismuth.

Zur Darstellung dieses Salzes wurde ein kohlensaures Wismuthoxyd dargestellt, welches in frisch gefälltem Zustande mit der Säure zusammengebracht wurde.

Es fiel ein gelbes Pulver nieder, während sich die Flüssigkeit dabei dunkler gelb färbte. Jenes zersetzte sich beim Auswaschen mit Wasser, und es blieb ein weifses kohlensäurehaltiges Wismuthoxyd zurück, während das Waschwasser Schwefelcyanwasserstoffsäure enthielt. Das gelbe Pulver brauste mit Säure stark auf, ein Beweis, dafs es noch kohlensaures Wismuthoxyd enthielt.

Deswegen wurde das Schwefelcyanwismuth aus einem Wismuthoxydhydrat, welches durch Ammoniak aus einer salpetersauren Auflösung gefällt war, und Schwefelcyanwasserstoffsäure dargestellt.

Es zeigten sich hierbei ganz ähnliche Erscheinungen. Es fiel sogleich ein gelbes Pulver, welches ein basisches Salz ist, und die orangerothe Auflösung enthielt das neutrale Salz.

Wird diese Auflösung im Wasserbade concentrirt, so fällt das Schwefelcyanwismuth als ein dunkel orangerothes Pulver nieder.

0,540 Grm. dieses letzteren wurden im Wasserbade getrocknet und mit Salpetersäure übergossen, worin sie sich beim Erwärmen vollständig auflösten.

Die Auflösung war klar und farblos, ein kleiner Theil von Schwefel, der sich ausgeschieden hatte und

von rein gelber Farbe war, wurde auf ein gewogenes Filtrum gebracht. Er war nach dem Trocknen 0,002 Grm.

Aus der Auflösung in Salpetersäure wurde durch kohlensaures Ammoniak das Wismuthoxyd gefällt. Es gab beim Glühen 0,332 Wismuthoxyd, in welchen 0,298 Wismuth enthalten sind.

Die vom kohlensauren Wismuthoxyd abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt und mit Chlorbaryum gefällt. Es wurden 0,961 schwefelsaure Baryterde erhalten =0,132 Schwefel, welche, nebst dem früher erhaltenen, 0,244 Schwefelcyan entsprechen.

Danach sind in 100 Theilen:

		Berechnet.
Wismuth	55,18	54,78
Schwefelcyan	45,18	45,22
	100,36	100,00.

Es ist mithin das neutrale wasserfreie Salz.

Auch das gelbe Pulver, welches sogleich beim Zusammenbringen von Wismuthoxyd und Schwefelcyanwasserstoffsäure niederfällt, wurde einer Untersuchung unterworfen.

Es wurde über Schwefelsäure und im Wasserbade getrocknet.

1,130 Grm., eben so behandelt wie vorher, gaben:

0,517 schwefelsaure Baryterde	=0,0713	Schwefel
und	0,0075	-
zusammen	0,0788	Schwefel,

welche 0,143 Schwefelcyan entsprechen.

Das Wismuthoxyd betrug 0,968.

Jene 0,143 Schwefelcyan erfordern zur Bildung des neutralen Salzes 0,173 Wismuth, und es bleiben mithin 0,774 Wismuthoxyd übrig.

Der Verlust ist als Wasser berechnet.



In 100 Theilen sind also enthalten:

		Berechnet.
Schwefelcyanwismuth	27,96	27,95
Wismuthoxyd	68,49	68,16
Wasser	3,55	3,89
	100,00.	100,00.

Es wäre also nach der Formel $Bi\overset{''}{C}y + 4\dot{B}i + 2\dot{H}$ zusammengesetzt.

Beide Salze, das neutrale und das basische, werden im frisch gefällten Zustande durch Wasser so zersetzt, dafs reines Wismuthoxyd nach anhaltendem Kochen unter Erneuerung des Wassers zurückbleibt. Einmal getrocknet geht diese Zersetzung nur schwierig von Statten, und es gelingt nicht, die Verbindung von aller Schwefelcyanwasserstoffsäure zu befreien.

In einer unten verschlossenen Glasröhre erhitzt, zersetzt sich das neutrale Salz und es bleibt Schwefelwismuth zurück, das basische reducirt sich dabei theilweise zu metallischem Wismuth.

In einer offnen Glasröhre erhitzt, hinterlassen beide Salze einen Rückstand von Wismuthoxyd.

Schwefelcyankupfer.

a) Kupfersulfocyanür.

Man kann das Kupfersulfocyanür entweder durch Reduciren einer Kupfervitriolauflösung mittelst Eisenvitriol und einer Auflösung von Schwefelcyankalium darstellen, oder auch durch blofses Zusammenbringen von einer verdünnten Kupferoxydauflösung mit einer ebenfalls verdünnten Auflösung von Schwefelcyankalium. Ebensowohl kann man es aus kohlensaurem Kupferoxyd oder Kupferoxydhydrat und Schwefelcyanwasserstoffsäure darstellen, wenn nur Wasser genug vorhanden ist, worüber beim Kupfersulfocyanid mehr gesagt werden soll.

Das Kupfersulfocyanür fällt bei allen diesen Dar-

stellungsarten als ein weißes körniges Pulver, welches unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren ist, nieder.

Nach der erst erwähnten Darstellungsweise erhält man es am farblosesten, die andern geben ein mehr oder weniger gelblich gefärbtes Präparat.

I. 1,236 Grm., welche bei 115° getrocknet waren, wurden mit rauchender Salpetersäure zersetzt, und durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure vollständig aufgelöst. Es wurde nach dem Verdünnen mit Wasser die gebildete Schwefelsäure mit Chlorbaryum gefällt, und 2,326 schwefelsaure Baryterde =0,321 Schwefel erhalten, die 0,584 Schwefelcyan entsprechen.

Die von der schwefelsauren Baryterde abfiltrirte Flüssigkeit, wurde nach Entfernung des überschüssig zugesetzten Barytsalzes mit kaustischem Kali in der Hitze gefällt. Sie gab 0,793 Kupferoxyd, in welchen 0,633 Kupfer enthalten sind.

II. 0,7217 Grm., die über Schwefelsäure und im Wasserbade getrocknet waren, gaben, eben so behandelt, 0,450 Kupferoxyd =0,359 Kupfer und 1,363 schwefelsaure Baryterde, die 0,188 Schwefel enthalten, welche 0,342 Schwefelcyan entsprechen.

	I.	II.	Berechnet.
Kupfer	51,21	49,78	51,94
Schwefelcyan	47,25	47,40	48,06
	98,46	97,18	100,00.

Es ist das Kupfersulfocyanür wohl als ein wasserfreies Salz zu betrachten, was aber mit großer Hartnäkkigkeit Feuchtigkeit zurückhält [1]).

Von Salpetersäure wird es mit Heftigkeit, unter Bildung von Schwefelsäure zersetzt. Ist die Säure sehr concentrirt, wird sie z. B. rauchend angewandt, so färbt

1) Bemerkenswerth ist es, daß Porret über 6 Proc., v. Grotthuſs über 12 Proc. Wasser in dem Salze gefunden haben wollen.

sich das Salz erst vorübergehend schwarz, ehe es sich vollständig zersetzt.

Chlorwasserstoffsäure wirkt in der Kälte sehr wenig darauf ein; erwärmt löst es sich auf, und wenn die Säure nicht im Ueberschuſs vorhanden ist, so scheidet sich Kupferchlorür aus.

Schwefelsäure zersetzt das Salz beim Erwärmen, es bildet sich schwefelsaures Kupferoxyd, unter Entwicklung von schwefliger Säure. Bei Anwendung von sehr wenig und concentrirter Säure scheidet sich ein schwarzer Körper aus, der mit Chlorwasserstoffsäure etwas Schwefelwasserstoff entwickelt, und, zum Theil wenigstens, Schwefelkupfer ist.

Es ist in Ammoniak löslich. Wird die farblose Auflösung mit Chlorwasserstoffsäure gesättigt, so fällt das Salz wiederum nieder.

Kali fällt aus dem Salze gelbes Kupferoxydulhydrat.

Das Kupfersulfocyanür wurde in einem kleinen Destillationsapparate einer erhöhten Temperatur ausgesetzt, nachdem es zuvor bei 130° getrocknet war.

Es bräunte sich bei der ersten Einwirkung der Wärme, es sublimirte etwas Schwefel unter geringer Gasentwicklung, und bedeutende Mengen von Schwefelkohlenstoff gingen in die mit Wasser gefüllte Vorlage über, wobei die Gasentwicklung lebhafter wurde. Auſserdem entwickelte sich Cyangas und Stickgas. Der Rückstand, der schwarz und pulverig war, enthielt nicht unbedeutend kleine glänzende Krystallflittern, deren Form aber selbst unter der Lupe nicht erkannt werden konnte. Chlorwasserstoffsäure löste ihn unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff nicht bedeutend auf, Salpetersäure löste ihn vollständiger auf unter Bildung von Schwefelsäure. Bei der Behandlung mit beiden Säuren blieb ein gelber stickstoff- und kohlenstoffhaltiger Körper zurück, der im Platinlöffel erhitzt nur schwer verglimmte, mit Zurücklassung von Kupferoxyd. Der Rückstand be-

stand also im Wesentlichen aus Schwefelkupfer, wahrscheinlich gemengt mit Mellon.

Kupfersulfocyanür-Ammoniak.

Wird das weifse Kupfersalz mit Ammoniak übergossen und damit digerirt, so erhält man beim Erkalten der Auflösung dünne Krystallblättchen, die in der darüber stehenden Flüssigkeit stahlblau aussehen, herausgenommen aber grau sind.

Wird das Gefäfs während des Digerirens verschlossen, so färbt sich die Flüssigkeit weniger blau, und man erhält mehr von den grauen Krystallen.

Sie sind wahrscheinlich eine Verbindung von Kupfersulfocyanür mit Ammoniak.

b) Kupfersulfocyanid.

Man erhält es entweder durch Fällung von sehr concentrirten Auflösungen von Kupferoxydsalzen mit Schwefelcyankalium, oder, wenn man Schwefelcyanwasserstoffsäure mit kohlensaurem Kupferoxyd sättigt.

Das Kupfersulfocyanid erscheint dann als ein sammetschwarzes Pulver, doch müssen alle Auflösungen, aus welchen man es darstellen will, sehr concentrirt seyn, sonst erhält man es mehr oder weniger grau, von eingemengtem Kupfersulfocyanür gefärbt, in welches das Sulfocyanid bei Gegenwart von Wasser sehr gern übergeht.

Die Flüssigkeit über dem gefällten Sulfocyanid ist bräunlich gefärbt, von etwas aufgelöstem Salze.

Es wurde bei der Darstellung des Sulfocyanids aus Kupferoxyd und Schwefelcyanwasserstoffsäure immer ein kleiner Ueberschufs an Säure gelassen, um eine Beimengung von Kupferoxyd zu vermeiden.

0,838 Grm. des Kupfersulfocyanids, die über Schwefelsäure und im Wasserbade getrocknet waren, wurden mit rauchender Salpetersäure zersetzt und durch Hinzufügung von Chlorwasserstoffsäure in eine klare grüne

Auflösung verwandelt. Die entstandene Schwefelsäure wurde durch Chlorbaryum gefällt; die erhaltene schwefelsaure Baryterde wog 2,150 Grm., in welchen 0,296 Schwefel enthalten sind, die 0,538 Schwefelcyan entsprechen.

Nachdem die überschüssig zugesetzte Baryterde entfernt war, wurde das Kupferoxyd mit kaustischem Kali im Kochen gefällt. Es war = 0,374 Grm., in denen 0,298 Kupfer enthalten sind. In 100 Theilen also;

		Berechnet.
Kupfer	35,56	35,07
Schwefelcyan	64,21	64,93
	99,77	100,00

Es ist mithin ein wasserfreies Salz.

Das Kupfersulfocyanid löst sich unter Bildung von Schwefelsäure in Salpetersäure auf, wobei es im Anfange, durch den Wassergehalt der Säure, sich weifs färbt und in das Kupfersulfocyanür übergeht.

Chlorwasserstoffsäure wirkt in der Kälte sehr wenig darauf ein, damit erwärmt löst es sich auf, indem es vorher auch erst weifs wird.

Schwefelsäure löst es beim Erwärmen ebenfalls auf, auch hier wird es erst weifs, und ist nur wenig concentrirte Säure angewendet, so scheidet sich, wie beim Kupfersulfocyanür, ein schwarzer Körper ab, der Schwefelkupfer enthält.

Sehr merkwürdig ist die Zersetzung des Kupfersulfocyanids durch Wasser, welche Thatsache neuerlich bereits von Claus untersucht worden ist.

Bringt man nämlich das feuchte oder das getrocknete Kupfersulfocyanid mit einer gehörigen Menge Wassers in Berührung, so verwandelt sich nach und nach die schwarze Farbe des Sulfocyanids in eine weifse, und dann ist das Sulfocyanid in das Sulfocyanür übergegangen.

Aus diesem Verhalten erklärt sich nun auch zugleich,

dafs man das Sulfocyanür aus einer Auflösung von Kupferoxydsalzen erhalten kann, ohne dafs die Gegenwart eines reducirenden Mittels nöthig ist. Schon die Gegenwart von Wasser bewirkt die Umwandlung in das Sulfocyanür, die je nach der Menge des vorhandenen Wassers mehr oder weniger vollständig und schnell vor sich geht. Sind die Auflösungen schon etwas concentrirter, so bildet sich zuerst das Sulfocyanid, welches aber allmählig durch alle Farbennüancen von Schwarz und Weifs hindurchgeht, bis endlich das reine Sulfocyanür zurückbleibt. Diese Umwandlung ist mitunter momentan und geschieht dann mit einiger Heftigkeit.

Will man daher ein reines Sulfocyanid haben, so mufs man trocknes oder frisch gefälltes Kupferoxydhydrat mit einer concentrirten Schwefelcyanwasserstoffsäure zusammenbringen. Es fällt dann sammetschwarz und frei von Sulfocyanür.

Man kann das schwarze Pulver, wegen seines leichten Ueberganges in das Sulfocyanür durch Wasser, nicht auswaschen, sondern man kann es nur zwischen Löschpapier auspressen und dann über Schwefelsäure trocknen.

Auch das getrocknete Kupfersulfocyanid geht beim Uebergiefsen mit Wasser nach und nach in das Sulfocyanür über, obgleich nicht so rasch, als im feuchten Zustande. Eine Erwärmung beschleunigt diesen Uebergang. Zuerst wird die Oberfläche des Pulvers bei der Berührung mit Wasser grau, dann immer weifser, bis endlich die ganze Masse in Kupfersulfocyanür übergegangen ist. Die Flüssigkeit färbt sich dabei grünlich und reagirt sauer.

Es ist nun hier die Frage, was bei dieser merkwürdigen Verwandlung vorgegangen ist?

Claus nimmt an (in seinen Beiträgen zur nähern Kenntnifs der Schwefelcyanmetalle, Journ. f. pr. Chem. XV. S. 403.), dafs hier durch das Wasser eine Zersetzung statt gefunden hat, ähnlich den Zersetzungen der Chlo-

ride des Wismuths und Antimons, aber mit dem Unterschiede, dafs der Sauerstoff des zersetzten Wassers sich nicht auf einen Theil des Metalles werfe, und so die Entstehung eines basischen Salzes bedinge, sondern dafs der Sauerstoff entweder frei werde, oder mit dem Wasser sich zum Wasserstoffsuperoxyde vereinige.

Diese Erklärung scheint nicht genügend zu seyn, da weder das Freiwerden von Sauerstoff nachzuweisen, noch eine Erzeugung von Wasserstoffsuperoxyd wahrscheinlich ist, welches aufserdem, seiner leichten Zersetzbarkeit zu Folge, gleich wieder in die Bestandtheile zerfallen würde, aus welchen man es sich zusammengesetzt denken kann.

Es ist richtig, dafs sich bei dieser merkwürdigen Zersetzung freie Schwefelcyanwasserstoffsäure bildet, aber es bildet sich daneben auch freie Cyanwasserstoffsäure, die schon durch ihren Geruch wahrgenommen werden kann. Würde sich nur Schwefelcyanwasserstoffsäure gebildet haben, so wäre die Zersetzung ganz analog der, welche das Kupfercyanid durch Wasser erleidet, indem es unter Freiwerden von Cyanwasserstoffsäure zuletzt in Kupfercyanür übergeht [1]).

Bei der Zersetzung des Kupfersulfocyanids hingegen ist der elektronegative Bestandtheil theilweise weiter zerfallen, indem sich neben der Schwefelcyanwasserstoffsäure auch Cyanwasserstoffsäure gebildet hat, aufserdem aber zeigen Barytsalze noch die Gegenwart von Schwefelsäure an. Die Bildung beider Körper ist den früheren Untersuchern entgangen. Es ist mithin das Kupfersulfocyanid bei seiner Zersetzung durch Wasser in Kupfersulfocyanür, in Schwefelcyanwasserstoffsäure, Cyanwasserstoffsäure und Schwefelsäure zerfallen.

Die Untersuchungen, die zur Ermittlung der quantitativen Verhältnisse dieser Zersetzung angestellt wurden,

1) Vgl. Rammelsberg in diesen Ann. Bd. XLII. S. 121.

gaben zwar kein ganz genaues Resultat, doch waren sie hinreichend um eine theoretische Berechnung darauf zu gründen.

12 At. Kupfersulfocyanid bilden nämlich mit 6 At. Wasser 6 At. Kupfersulfocyanür, 5 At. Schwefelcyanwasserstoffsäure, 1 At. Cyanwasserstoffsäure und 2 At. Schwefelsäure, wie folgendes Schema zeigt:

$$12\,\overset{''}{\mathrm{Cu}}\,\mathrm{Cy} = \mathrm{Cu}^{12} + \mathrm{Cy}^{12} + \mathrm{S}^{24}$$

und:

$$6\,\dot{\mathrm{H}} = \mathrm{H}^{6} + \mathrm{O}^{6}$$

zerfallen in:

$$6\,\mathrm{Cu}\,\overset{''}{\mathrm{Cy}} = \mathrm{Cu}^{12} + \mathrm{Cy}^{6} + \mathrm{S}^{12}$$
$$5\,\mathrm{H}\,\overset{''}{\mathrm{Cy}} = \mathrm{Cy}^{5} + \mathrm{S}^{10} + \mathrm{H}^{5}$$
$$\mathrm{H}\,\mathrm{Cy} = \mathrm{Cy} + \mathrm{H}$$
$$2\,\dddot{\mathrm{S}} = \mathrm{S}^{2} + \mathrm{O}^{6}$$
$$\overline{\mathrm{Cu}^{12} + \mathrm{Cy}^{12} + \mathrm{S}^{24} + \mathrm{H}^{6} + \mathrm{O}^{6}}$$

Das zur Untersuchung angewendete Kupfersulfocyanid war aus einem Kupferoxydhydrat und einer Schwefelcyanwasserstoffsäure dargestellt, welche keine nachweisbare Spur von Schwefelsäure enthielten.

Das getrocknete Kupfersulfocyanid, einer erhöhten Temperatur beim Ausschlufs der Luft ausgesetzt, zersetzt sich leicht. Es sublimirt Schwefel unter lebhafter Entwicklung von Stickgas und Erzeugung von Schwefelkohlenstoff. Das Wasser in der Vorlage roch in den Versuchen nach Cyan.

Der Rückstand, der hauptsächlich aus einem schwarzbraunen Pulver bestand, welches mit krystallinischen Flittern gemengt war, bestand aus Schwefelkupfer und einem stickstoff- und kohlenstoffhaltigem Körper.

Kupfersulfocyanid-Ammoniak.

Man erhält dasselbe, wenn man das Kupfersulfocyanid in Ammoniak auflöst, oder wenn man das Sulfocya-

nür beim Zutritt der Luft mit Ammoniak digerirt. Man setzt während des Abdampfens von Zeit zu Zeit etwas Ammoniak hinzu, so dafs die Flüssigkeit immer ammoniakalisch bleibt.

Durch Zusatz von absolutem Alkohol scheiden sich kleine blaue nadelförmige Krystalle aus. Ebenso und noch besser erhält man dieselben, wenn man die concentrirte Lösung über Schwefelsäure verdunsten läfst.

1,96 Grm. derselben wurden mit Kalilauge auf die früher angegebene Art der Destillation unterworfen. Der erhaltene Salmiak wog 0,98=0,313 Ammoniak, das Kupferoxyd =0,75=0,598 Kupfer. In 100 Theilen also:

		Berechnet.
Kupfer	30,54	29,48
Schwefelcyan		54,54
Ammoniak	16,01	15,98
		100,00

Diefs würde der Formel $\overset{\prime\prime}{Cu}Cy + NH^3$ entsprechen.

In wenig Wasser löst sich die Verbindung mit blauer Farbe auf; durch einen gröfseren Zusatz trübt sie sich, und beim Erhitzen schlägt sich viel eines grünflockigen Körpers nieder, während Ammoniak frei wird, und das Filtrat nur eine geringe Menge Kupfer enthält. Jener Niederschlag ist ein basisches Salz, denn er wird durch Kochen nicht geschwärzt, wie reines Kupferoxyd, und giebt nach dem Auswaschen, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, mit Eisensalzen die Reaktion der Schwefelcyanmetalle.

Wird das Kupfersulfocyanid-Ammoniak beim Ausschlufs der Luft einer erhöhten Temperatur ausgesetzt, so zersetzt es sich sehr leicht, wie man diefs schon aus seiner Zusammensetzung vermuthen kann.

Eine sehr mäfsige Wärme war hinreichend um das Salz zu schmelzen, was unter starkem Aufblähen und lebhafter Gasentwicklung geschah.

Es sublimirte Schwefelcyanammonium, welches sich krystallinisch an die kalten Wände der Vorlage absetzte. Dann folgte Schwefel, Schwefelkohlenstoff und Stickgas. Das Wasser der Vorlage enthielt aufser Cyangas noch Schwefelwasserstoff und Ammoniak.

Im Rückstande war Schwefelkupfer und derselbe stickstoff- und kohlenstoffhaltige Körper, dessen schon bei der Zersetzung des Schwefelcyankupfers erwähnt wurde.

Nachschrift.

Nach Liebig geben alle Sulfocyanüre der schweren Metalle bei der trocknen Destillation ein Gemenge von Schwefelmetall und Mellon (Geigers Pharmacie, Bd. I. S. 646, wo in Folge eines Druckfehlers Melam steht). Die im Vorstehenden beschriebenen Versuche schienen auch in der That diese Angabe zu bestätigen, nur war die Quantität der Substanz immer viel zu gering, um die Gegenwart des Mellons mit Sicherheit zu erkennen. Ich versuchte defshalb eine gröfsere Menge von Schwefelcyanblei zur Zersetzung anzuwenden.

11,53 Grm. dieses Salzes, welches durch Fällung concentrirter Auflösungen von Schwefelcyankalium und essigsaurem Bleioxyd bereitet war, hinterliefsen beim Erhitzen in einer Retorte, wobei sehr bald Schwärzung und Gasentwicklung, so wie reichliche Bildung von Schwefelkohlenstoff eintrat, 10,162 = 88,13 p.C. eines schwarzen Rückstandes. Diese Quantität beweist schon, dafs er nicht allein Schwefelblei seyn konnte, weil 100 Schwefelcyanblei = 73,79 Schwefelblei sind. Durch eine besondere Analyse dieses Rückstandes fand sich die Menge des Schwefels und Bleis in dem richtigen Verhältnisse, allein die fehlenden 14 p.C. waren jedenfalls nicht reines Mellon, sondern ein Gemenge desselben mit Kohle. Schmilzt man den Destillationsrückstand mit Kalihydrat, so erhält



man eine reichliche Ammoniakentwicklung, wie diefs vom Mellon bekannt ist.

Rammelsberg.

VI. *Ueber die in Wasser schwerlöslichen und unauflöslichen Modificationen des schwefelsauren Kali-Chromoxyd; von C. Hertwig.*

Setzt man zu einer bis zur Syrupsdicke eingedampften Auflösung der grünen Modification des schwefelsauren Kali-Chromoxyd concentrirte Schwefelsäure, und erwärmt sie hierauf im Sandbade so lange, als Wasser verdampft, so steigt allmählig die Temperatur. Bei ungefähr 200° C. entwickeln sich Schwefelsäuredämpfe, und der gröfste Theil des dunkelgrünen schwefelsauren Kali-Chromoxyd verwandelt sich in eine, weder in Wasser, noch in Schwefelsäure, Salpetersäure oder Chlorwasserstoffsäure auflösliche Verbindung, welche getrocknet als ein hellgrünes Pulver erscheint. Sie ist das wasserfreie Doppelsalz.

Nachdem ich dieselbe von der Schwefelsäure und dem unverändert gebliebenen Theil des Doppelsalzes durch Auswaschen mit Wasser befreit hatte, kochte ich sie eine halbe Stunde lang mit Wasser, ohne dafs sich etwas aufgelöst hatte. Das Doppelsalz, in dieser unlöslichen Modification, kann also nicht wieder in die auflösliche zurückgeführt werden. Durch Ammoniak wird sie nicht zersetzt. Durch eine Kaliauflösung wird die Zersetzung vollständig bewirkt, wenn man diese Modifikation längere Zeit damit kocht. Dabei scheidet sich ein dunkelgrünes Chromoxyd aus, welches sich in Säure schwer auflöst; erst nach langem Kochen mit Chlorwasserstoffsäure verbindet es sich mit dieser.

1,17 Gr. des bei 100° C. getrockneten grünen Pul-

vers zerlegte ich auf die eben angegebene Weise, und bestimmte darin den Gehalt an Schwefelsäure und Chromoxyd, den Kaligehalt aus dem Gewichtsverlust. Die procentische Zusammensetzung war:

	Gefunden.	Berechnet.
Schwefelsäure	55,816	55,714
Chromoxyd	27,325	27,892
Kali	16,859	16,394
	100	100

Sie entspricht der chemischen Formel für den wasserfreien Chromalaun.

Dieses Doppelsalz wird schon bei einer Temperatur zersetzt, welche noch nicht die Rothglühhitze erreichte. Ich erhitzte 0,688 Gr. (bei 100° C. getrocknet) im Platintiegel über einer gewöhnlichen Spirituslampe, so dafs der Boden des Tiegels ungefähr 1 Zoll von der Spitze der Weingeistflamme entfernt war. Es ging Schwefelsäure weg, und der Gewichtsverlust betrug 0,04 Gr. oder 0,58 p.C., so dafs hiernach 5 Atome des Doppelsalzes 2 Aequivalente Schwefelsäure verloren haben. Bei sehr starker Rothglühhitze wird die mit dem Chromoxyd verbundene Schwefelsäure vollständig ausgetrieben und das schwefelsaure Kali kann nun mit Wasser ausgezogen werden.

Aus den Eigenschaften des eben beschriebenen unlöslichen schwefelsauren Kali-Chromoxyd geht hervor, dafs beim Uebergang der dunkelgrünen Modifikation in diese das Chromoxyd seine chemische Constitution geändert hat, dieses eine von den beiden andern verschiedene isomerische Modification ist. Es existirt demnach das Doppelsalz in drei isomerischen Modificationen.

Betrachtet man den chemischen Procefs, in welchem die Uebergänge dieser isomerischen Modificationen statt finden, in seiner Totalität, so wie er sich im Doppelsalze darstellt, wenn man die Chromalaun-Krystalle mit Was-



Wasser und Schwefelsäure überschüttet und die Erwärmung im Sandbade so lange fortsetzt, bis der Uebergang der dunkelgrünen Modification in die unlösliche eingetreten ist; so sind darin drei verschiedene Perioden zu unterscheiden. In die erste fällt die Auflösung der violetten Modification, und die weitere Einwirkung der Schwefelsäure und des Wassers auf dieselbe. Mit dem Uebergang derselben in die dunkelgrüne ist die zweite Periode bezeichnet; und da mit der veränderten chemischen Constitution des Doppelsalzes auch die Wechselwirkung zwischen dieser und den beiden andern Substanzen sich ändern mufs, so folgt daraus, dafs der in dieser Periode vor sich gehende Procefs einen andern Charakter als der in der ersten hat. In der dritten Periode fällt der Uebergang der dunkelgrünen Modification in die unlösliche; in ihr tritt das Doppelsalz aus der Wechselwirkung zum Wasser und zur Schwefelsäure heraus.

Von dem, unter der Einwirkung von Schwefelsäure enthaltenen unlöslichen schwefelsauren Kali-Chromoxyd, sind noch zwei andere Modificationen, eine schwerlösliche und eine unlösliche, zu unterscheiden, welche man erhält, wenn man die Chromalaun-Krystalle einer erhöhten Temperatur aussetzt.

Erstere, die schwerlösliche, bildet sich, wenn man den Chromalaun im Platintiegel bei 200° C. erhitzt, so lange als noch ein Gewichtsverlust stattfindet. Dabei geht der gröfste Theil des Krystallwassers fort, und man erhält das Doppelsalz noch mit einem Antheil Wasser verbunden in porösem Zustande, von dunkelgrüner Farbe.

Bei vier Versuchen war der procentische Gewichtsverlust der Krystalle an Wasser: 39,786; 39,564; 39,411; 39,325. Demnach sind mit 1 Aequiv. des schwefelsauren Kali-Chromoxyd 2 Aequiv. Wasser verbunden.

Der berechnete Gewichtsverlust ist 39,292, und also der Wassergehalt der Verbindung 5,884 p.C.

In diesem Zustande ist das Doppelsalz in Wasser, so wie in Chlorwasserstoffsäure und Schwefelsäure, bei der gewöhnlichen Temperatur unlöslich. Ich liefs es im gepulverten Zustande mehrere Tage mit Wasser in Berührung, ohne dafs sich etwas aufgelöst hatte. Bei noch längerem Stehen würde es jedoch wahrscheinlich in die auflösliche Modification übergehen. Kocht man es mit Wasser, so löst es sich im Anfange nicht auf; bei fortgesetztem Kochen tritt aber der Uebergang in die auflösliche Modification ein, und schreitet dann langsam vorwärts. Durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure wird derselbe beschleunigt. Bei meinen Versuchen fing die Auflösung erst an, nachdem das Wasser schon 10 bis 15 Minuten lang gekocht hatte. Durch Kochen mit Ammoniakflüssigkeit wird die Verbindung zersetzt, und es scheidet sich ein dunkelgrünes, in kochender Chlorwasserstoffsäure auflösliches Chromoxyd aus.

Erhitzt man diese Modification des Doppelsalzes bei einer Temperatur zwischen 300° und 400° C., so erhält man die andere in Wasser unlösliche. Die dunkelgrüne Farbe geht dabei in eine hellgrüne über, das Wasser wird vollständig ausgetrieben, und das Doppelsalz bleibt im wasserfreien Zustande zurück.

Dieses wasserfreie schwefelsaure Kali - Chromoxyd unterscheidet sich von dem durch Behandlung mit Schwefelsäure erhaltenen, hinsichtlich seines Verhaltens zum Wasser, mit welchem gekocht es zersetzt wird. Das schwefelsaure Chromoxyd desselben ist zwar weder in Wasser noch in Säuren auflöslich, ebenso auch das Doppelsalz in kaltem Wasser unlöslich; aber bei längerem Kochen löst sich das schwefelsaure Kali im Wasser auf, und das schwefelsaure Chromoxyd bleibt als ein unlösliches grünes Pulver zurück.

Ich liefs das obengenannte wasserfreie Doppelsalz, im pulverisirten Zustand, mit Wasser überschüttet zwei Tage lang stehen, und es hatte keine Zersetzung oder

Auflösung stattgefunden; Chlorbaryum gab im Filtrat keinen Niederschlag. Hierauf kochte ich es mit Wasser und nun gab Chlorbaryum in der abfiltrirten farblosen Flüssigkeit einen bedeutenden Niederschlag, Ammoniak keinen.

Nach der von Berzelius eingeführten Nomenclatur kann man das Chromoxyd im violetten Doppelsalze mit $\dddot{Cr}_a$, das im dunkelgrünen mit $\dddot{Cr}_n$ und das im hellgrünen unauflöslichen mit $\dddot{Cr}_b$ bezeichnen. Drückt man ferner den Unterschied hinsichtlich der Verwandtschaft der Salze zu einander im unlöslichen Doppelsalze noch dadurch aus, daſs man die chemische Formel für dasjenige, in welchem die Salze innig verbunden sind, in Eine Klammer einschlieſst, hingegen in der Formel für das andere das Symbol jedes einzelnen Salzes einklammert, so können die beim schwefelsauren Kali-Chromoxyd vorkommenden isomerischen Modificationen durch folgende Ausdrücke symbolisch dargestellt werden:

$$\dddot{Cr}_a \dddot{S}^3 + Ka \dddot{S} + \dot{H}^{24}$$

$$\dddot{Cr}_b \dddot{S}^3 + Ka \dddot{S} + \dot{H}^2$$

$$[\dddot{Cr}_n \dddot{S}^3 + Ka \dddot{S}]$$

$$[\dddot{Cr}_b \dddot{S}^3] + [Ka \dddot{S}]$$

Die dunkelgrüne auflösliche Modification des schwefelsauren Kali-Chromoxyd kann, wie Schrötter dargethan hat, unter dem Einfluſs des Waſsers, nach längerer Zeit wieder in die violette übergehen; sie kann ferner unter dem Einfluſs der Schwefelsäure und der Wärme in die andere unauflösliche übergeführt werden. Durch sie stehen also die beiden anderen Modificationen, welche nicht unmittelbar in einander übergehen können, im innigen Zusammenhange; in der Weise, daſs sich in ihr die Eigenschaften der beiden anderen durchdringen, sich in Gleichgewicht setzen, und beide so in ihrer Vereini-

gang die dunkelgrüne Modification eben als eine selbstständige darstellen.

Aus der inneren Beschaffenheit der dunkelgrünen Modification folgt aber weiter, dafs, je nachdem in ihr, unter dem Einflufs einwirkender Agentien die Natur des violetten, oder unlöslichen Doppelsalzes vorherrschend wird, sich innerhalb ihres Bestehens Veränderungen zeigen, sie selbst wieder modificirt auftritt. Daher die verschiedenen Farbennüancen derselben beim Uebergang in die violette Modification; daher die schwerlösliche Modification beim Uebergang in die unauflösliche.

Aus den hier erörterten Verhältnissen folgt, dafs die isomerischen Modificationen überhaupt, auch in Betreff ihrer Beständigkeit in Betracht zu ziehen sind. Man kann sie daher eintheilen in beständige, d. i. solche, die unter dem Einflufs stark wirkender Agentien ihre chemische Constitution beibehalten; und in unbeständige, d. i. solche, welche unter solchem Einflufs ihre chemische Constitution ändern. Zu letzteren gehören die Veränderungen des dunkelgrünen schwefelsauren Kali-Chromoxyd; und ebenso auch die Metamorphosen der schwefelsauren Kali-Thonerde beim Erwärmen des gewöhnlichen Alauns, welche durch die verschiedenen, mit dem Doppelsalze verbundenen Wassermengen bezeichnet sind.

VII. *Ueber das Beryllium und dessen Verbindungen; von v. Awdejew aus Katharinenburg, Hauptmann im Russischen Berg- und Ingenieur-Corps.*

Da die Mineralien in denen die Beryllerde einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, nur in geringer Menge in der Natur vorkommen, so haben sie, so wie überhaupt die Verbindungen der Beryllerde, die Aufmerksamkeit der Chemiker nur wenig auf sich gezogen. Die ersten ausführlichen Untersuchungen über die Beryllerde verdanken wir, vor beinahe dreifsig Jahren, Berzelius, welcher, wie er selbst sagt, nicht allein keine hinreichende Menge Beryllerde für seine Versuche gehabt hat, sondern sogar nicht im Stande gewesen ist, mifslungene Versuche zu wiederholen [1]). Längere Zeit nachher hat Woehler die Darstellung des metallischen Berylliums gezeigt, und sein Verhalten zu den wichtigsten Körpern studirt [2]). Die in der letzten Zeit von Ch. G. Gmelin und vom Grafen von Schaffgotsch angestellten Versuche [3]), und die Gegenwart der Beryllerde in einigen Mineralien, deren Zusammensetzung durch dieselbe eine unwahrscheinliche chemische Formel erhält, waren der Beweggrund zu diesen Untersuchungen, und da diese zu unerwarteten Resultaten geführt haben, so sehe ich mich veranlafst sie mitzutheilen. Leider mufs ich bekennen, dafs ich nicht im Stande war, sie so auszudehnen, als ich es wünschte, da es mir an Zeit dazu gebrach. Die Untersuchungen sind sämmtlich in dem Laboratorium des Prof. Heinr. Rose angestellt worden.

1) Schweigger's Journ. für Chem. u. Phys. Bd. XV. S. 296.
2) Pogg. Ann. Bd. XIII. S. 577.
3) Pogg. Ann. Bd. L. S. 175 u. 183.

Anfangs war der Zweck meiner Untersuchungen, die Salze der Beryllerde zu studiren, und deſshalb fing ich mit den Verbindungen der Beryllerde mit der Schwefelsäure an, wovon es nach Berzelius vier verschiedene giebt. Diejenige, welche durch Auflösen der Beryllerde in einem Ueberschuſs von Schwefelsäure entsteht, ist nach ihm ein saures Salz; sein Verhalten zum Alkohol indessen, seine leichte Bildung, seine leichte Krystallisirbarkeit, und endlich die Analogie, die es mit den auf ähnliche Weise dargestellten Verbindungen der Thonerde, Thorerde, Yttererde und Zirkonerde hat, welche mit einem Ueberschuſs von Schwefelsäure immer neutrale Salze geben, lieſsen mich vermuthen, daſs auch dieses Salz ein neutrales sey.

Chlorberyllium.

Um dieſs leicht zu entscheiden, untersuchte ich das Chlorberyllium. Dasselbe ist erst in neuern Zeiten dargestellt worden; seine Existenz war damals, als Berzelius sich mit der Beryllerde beschäftigte, ganz unbekannt.

Es ist bekannt, daſs das Chlorberyllium, durch Glühen eines Gemenges von Kohle und Beryllerde, während ein Strom von Chlorgas darüber geleitet wird, gebildet, der Beryllerde entsprechend zusammengesetzt ist. Wenn es im Wasser aufgelöst wird, was mit Entwickelung einer sehr bedeutenden Wärme geschieht, so enthält die Auflösung chlorwasserstoffsaure Beryllerde, und in derselben läſst sich kein freies Chlor entdecken. Es könnte freilich andrerseits das Chlorberyllium eine basische Chlorverbindung, analog dem chromsauren Chromchlorid, molybdänsauren Molybdänchlorid u. s. w. seyn, und bei seiner Auflösung ebenfalls Chlorwasserstoffsäure und Beryllerde bilden. Indessen wäre eine solche Verbindung ihrer Entstehung nach, ohne alle Analogie; auch werde ich im Laufe dieser Abhandlung noch zu zeigen suchen, daſs sie in der That nicht entstehen kann.



Das Chlorberyllium ist von mir dreimal analysirt worden. Bei seiner Darstellung wandte ich anstatt der Porzellanröhre eine gläserne an. Derjenige Theil der Röhre, in welchem das Chlorberyllium sich sublimirt hatte, wurde abgeschnitten und der Untersuchung unterworfen; da aber dasselbe mit großser Begierde die Feuchtigkeit aus der Luft an sich zieht, so dafs es schwer ist das richtige Gewicht desselben zu bestimmen, so habe ich mich veranlafst gesehen, meine Zuflucht zu einer Barometerröhre zu nehmen, in deren Mitte eine andere, der Gröfse der Reagenzgläser gleiche, Röhre angeschmolzen und in einer Entfernung von 1½ Zoll von letzterer eine mittelmäfsige Kugel angeblasen war. Der weitere Theil der Röhre diente zur Aufnahme der Mengung der Zuckerkohle mit der Beryllerde, die Kugel aber zur Aufnahme des sich sublimirenden Chlorberylliums. Zur Erhitzung wurde die Hess'sche Lampe angewendet. Das innige Gemenge der Kohle mit der Beryllerde zieht mit grofser Geschwindigkeit viel Feuchtigkeit aus der Luft an. Es ist daher schwer das Chlorberyllium ganz frei von derselben zu erhalten. Ich glühte indessen, ehe ich das Chlorgas anwandte, das Gemenge stark, während ich einen Strom von getrocknetem Kohlensäuregas darüber leitete. Nachdem ich auf diese Weise alles Wasser vollkommen entfernt hatte, vertauschte ich schnell die Entbindungsflasche, aus welcher das Kohlensäuregas sich entwickelte mit einer ähnlichen, aus welcher Chlorgas entbunden wurde.

Nach beendigter Operation, d. h. als der Ueberschufs des Chlors durch trockene atmosphärische Luft verdrängt war, wurde die Röhre zu beiden Seiten der Kugel zugeschmolzen und gewogen, und nachdem die zugeschmolzene Spitze der Röhre abgebrochen war, noch einmal gewogen. Der Unterschied zwischen der ersten und zweiten Gewichtsbestimmung war unbedeutend.

Der angewandte Apparat hat vor einer an beiden

Seiten offenen Röhre einen Vorzug. Da sich beim Auflösen des Chlorberylliums in Wasser ein Theil desselben durch die sich entwickelnde Wärme in Gas verwandelt, welches zwischen dem Glasstöpsel der Flasche hindurchdringen kann, so braucht man nur die Kugel mit dem abgebrochenen dünnen Ende vertikal ins Wasser zu stellen, wodurch nach einigen Tagen das Chlorberyllium vom Wasser ganz durchdrungen wird und zerfliefst, so dafs durch das Zerschneiden des Apparats dasselbe leicht und bequem vom Glase abgespült werden kann. Das auf diese Weise dargestellte Chlorberyllium löst sich nicht ganz klar in Wasser auf, sondern hinterläfst einen aus Beryllerde bestehenden schuppenartigen Rückstand, der sich nur an denjenigen Theilen des Apparates bildete, wo derselbe zugeschmolzen war, und wo das Glas dadurch angegriffen wurde. Dieser Rückstand wurde immer abfiltrirt; er wog zwischen 0,001 und 0,002 Grm. und wurde berücksichtigt.

Aus 1,3645 Grm. des, nicht in diesem Apparate, sondern in einer gewöhnlichen an beiden Seiten offnen Röhre dargestellten, Chlorberylliums erhielt ich durch Niederschlagen mit Ammoniak 0,4226 Grm. Beryllerde und aus der davon getrennten, mit Salpetersäure sauer gemachten Flüssigkeit vermittelst salpetersauren Silberoxyds 4,797 Grm. Chlorsilber, 1,183 Grm. Chlor entsprechend.

In einem zweiten Versuche in dem beschriebenen Apparate dargestellten 0,9045 Grm. auf gleiche Weise behandelten Chlorberyllium erhielt ich 0,284 Grm. Beryllerde und 3,236 Grm. Chlorsilber, 0,7983 Grm. Chlor entsprechend.

In einem dritten Versuche erhielt ich von einem ebenfalls in dem beschriebenen Apparate dargestellten 0,757 Grm. Chlorberyllium, dessen Auflösung unmittelbar mit salpetersaurem Silberoxyd zersetzt ward, 2,693 Grm. Chlorsilber, 0,6643 Grm. Chlor entsprechend.

Berechnet man diese Resultate auf Hundert, so erhalten wir:

	I.	II.	III.
Chlor =	86,72	88,26	87,63

Nach der bisherigen Annahme aber besteht das Chlorberyllium im Hundert aus:

66,70 Chlor
33,30 Beryllium.

Die von mir erhaltenen Resultate stimmen aus dem Grunde nicht vollkommen unter sich überein, als es sehr schwer ist, das Chlorberyllium immer von gleicher Reinheit zu erhalten. Ich habe sorgfältig darauf geachtet, dafs es kein überschüssiges Chlor enthielt; es war aber leicht möglich, dafs es weniger davon enthalten konnte, indem lange atmosphärische Luft darüber geleitet wurde, wodurch einerseits, obgleich sie durch eine Röhre von Chlorcalcium strömte, es Feuchtigeit anziehen konnte, andrerseits dadurch etwas Chlor als Chlorwasserstoff entwickelt werden konnte, besonders wenn das Chlorberyllium noch nicht ganz erkaltet war, als es mit dem Strom der atmosphärischen Luft in Berührung kam.

In jedem Fall sehen wir aber aus diesen Analysen, dafs das Atomgewicht des Berylliums bedeutend leichter seyn mufs, als man bisher angenommen hat.

Berechnet man nach den erhaltenen Resultaten die Zusammensetzung der Beryllerde, so wird die des krystallisirten schwefelsauren Salzes dem von mir angenommenen neutralen Salze entsprechen, wefshalb die Bestimmung des Atomgewichts aus diesen Salzen unternommen wurde, da es leichter rein erhalten werden konnte.

Schwefelsaure Beryllerde.

Zur Darstellung dieses Salzes wurde chemisch-reine kohlensaure Beryllerde und destillirte Schwefelsäure angewendet. Der Ueberschufs der zum Auflösen gebrauchten Schwefelsäure wurde, wie diefs auch schon Berze-

llus angegeben hat, durch starken Alkohol getrennt, wobei sich das Salz als Mehl absetzte; es wurde in Wasser aufgelöst und bis zur Krystallisation abgedampft. Das krystallisirte Salz wurde noch einmal umkrystallisirt. Der Gang der Analyse war folgender: Aus der Auflösung des Salzes in Wasser, zu welcher einige Tropfen Salzsäure zugesetzt wurden, wurde durch Chlorbaryum die Schwefelsäure niedergeschlagen. Der Ueberschufs des zugesetzten Chlorbaryums wurde aufs Neue durch Schwefelsäure entfernt und die Beryllerde durch Ammoniak gefällt. Die auf diese Weise erhaltene Beryllerde wurde nach dem Glühen auf der Spirituslampe mit doppeltem Luftzug gewogen, noch einmal zwischen Kohlen stark geglüht und von Neuem gewogen.

Der Unterschied zwischen dem zweiten und dem letzten Gewicht war unbedeutend, und überstieg nicht 0,004 Grm. Vier Versuche ergaben als Resultate, dafs:

1)	4457	Schwefelsäure sich mit	1406	Beryllerde verbinden
2)	4531	- - - -	1420	- -
3)	7816	- - - -	2400	- -
4)	12880	- - - -	4065	- -

Wenn wir in dem Salze die Schwefelsäure als ein Aequivalent und gleich 501,165 annehmen, so fällt dasselbe für die Beryllerde:

nach dem ersten Versuche auf	158,097
- - zweiten - -	157,063
- - dritten - -	159,018
- - vierten - -	158,158

das Mittlere daraus ist = 158,084.

Zusammensetzung der Beryllerde.

Nach der letzten angeführten Zahl mufs die Beryllerde aus:

36,742 Beryllium
63,258 Sauerstoff

zusammengesetzt seyn, statt dafs man bis jetzt ihre Zusammensetzung im Hundert angenommen hat zu:

68,85 Beryllium
31,15 Sauerstoff.

Was die Anzahl der Atome des Sauerstoffs in der Beryllerde betrifft, so ist es schwer zu entscheiden, zu welcher Klasse der Oxyde dieselbe gehöre, ob zu $\dot{R}$ oder zu $\dddot{\bar{R}}$. Für die erste Meinung spricht die Zusammensetzung des Chrysoberylls, welcher aus zwei von mir analysirten verschiedenen Fundorten, wie wir später sehen werden, gleiche Zusammensetzung hat, und deutlich zeigt, dafs die Thonerde die Stelle der Säure und die Beryllerde die der Basis vertritt. Da aber die Thonerde eine schwache Säure ist, so ist es nach unseren jetzigen Begriffen nicht sehr wahrscheinlich, dafs eine andere, ebenfalls schwache Säure, die Stelle der Basis vertritt. Für diese Meinung spricht ferner auch die Anwesenheit der Beryllerde in einigen Gadoliniten. Für die zweite Meinung spricht indessen das Verhalten der Beryllerde zur Schwefelsäure, welche bei erhöhter Temperatur sich aus dem schwefelsauren Salze gänzlich verflüchtigt, eine Eigenschaft, die den nicht sehr starken Basen, wohl indessen doch einigen einatomigen, wie Thorerde und Yttererde, eigenthümlich ist, dann die bedeutende Anzahl basischer Salze mit Schwefelsäure, die zum Theil in Wasser löslich sind, eine besonders für Thonerde und Eisenoxyd charakteristische Eigenschaft; ferner auch der Umstand, dafs nach dem Glühen die Beryllerde sehr schwer in Säuren auflöslich ist, eine Eigenschaft, die nur schwache Basen besitzen; auch die Beobachtung des Grafen v. Schaffgotsch, dafs die Beryllerde bei erhöhter Temperatur die Kohlensäure aus kohlensaurem Natron austreibt, was freilich auch durch Kupferoxyd geschieht; so wie endlich die Eigenschaft der Beryllerde, durch kohlensaure Baryterde gefällt zu werden. Scheerer in sei-

ner Abhandlung[1] über cerhaltige Mineralien, erwähnt zwar Kobel's Erfahrung, daſs durch Kochen des Chlorberylliums mit kohlensaurer Baryterde, die Beryllerde nicht niedergeschlagen wird. Ich habe dieſs indessen nicht bestätigt gefunden: nicht allein durch Kochen fällt sie, sondern auch durch langes Digeriren: im ersten Falle fast vollständig, im letzteren in nur unbedeutender Quantität. Auch die groſse Flüchtigkeit des Chlorberylliums kann für die Annahme sprechen, daſs die Beryllerde mehr als einen Atom Sauerstoff enthält, da die flüchtigen Chloride im Allgemeinen schwachen Basen oder Säuren entsprechen. Indessen auch die Chloride des Yttriums und des Thoriums sind flüchtig.

Schwefelsaure Kali-Beryllerde.

Als Mittel zur Entscheidung dieser Frage konnte die Analyse von Doppelsalzen dienen, von welchen jedoch nur einige mit Fluor bekannt sind, wie Berzelius angiebt, die aber von Niemand analysirt worden sind. Mir ist es geglückt, eine schwefelsaure Kali-Beryllerde darzustellen. Anfangs, als ich die Arbeit unternahm, wollte ich die Doppelverbindungen durch Sättigung des krystallisirten schwefelsauren Salzes, welches ich damals für ein saures Salz hielt, mit kaustischen und kohlensauren Alkalien bereiten, bis sich ein kleiner Niederschlag von Beryllerde gebildet hatte, welcher durch einen Tropfen Schwefelsäure von Neuem aufgelöst wurde. Auf diesem Wege konnte ich kein Salz darstellen, denn dabei, wie ich später gesehen, bildeten sich nur basische Verbindungen. Darauf, als ich die richtige Zusammensetzung des schwefelsauren Salzes erkannt hatte, wollte ich das Doppelsalz durch Mischen von 3 Atomen dieses Salzes mit 1 Atom schwefelsaurer Alkalien darstellen, was mir aber auch nicht gelang. Endlich, da ich zur

1) Journal für pract. Chem. Bd. XXII. S. 449.



Annahme eines Atoms Sauerstoff in der Beryllerde mehr geneigt war, nahm ich zur Darstellung schwefelsaurer Kali-Beryllerde ein Atom von jedem Salze und etwas mehr schwefelsaure Beryllerde, als nach der Berechnung nöthig war, wobei ich mich dadurch leiten liefs, dafs ähnliche Doppelverbindungen schwer löslich sind, und da schwefelsaure Beryllerde sehr leicht löslich ist, so konnte, bei geglücktem Erhalten des Salzes dasselbe leicht von der Mutterlauge abgespült werden. Dazu nahm ich 15 Theile schwefelsaurer Beryllerde und 14 Theile schwefelsauren Kalis. Aus der gemischten Auflösung beider Salze bei gewisser Concentration setzte sich nach zwei und drei Tagen als Kruste obenerwähntes Doppelsalz ab. Das Abdampfen mufs nicht so weit geführt werden, dafs die Auflösung trübe zu werden anfängt, denn alsdann zersetzt sich das Doppelsalz. Die schwefelsaure Kali-Beryllerde löst sich in kaltem Wasser sehr langsam auf, ähnlich etwas in dieser Hinsicht der schwefelsauren Kali-Thorerde, wefshalb man sie von der Lauge sehr gut rein abspülen konnte. Das für die Analyse angewandte Salz wurde noch einmal aufgelöst und krystallisirt. Ich habe es von zwei verschiedenen Bereitungen zweimal analysirt. Die mit etwas Salzsäure versetzte Auflösung dieses Salzes wurde durch Chlorbaryum zersetzt; hiermit war die Schwefelsäure bestimmt. Der Ueberschufs des zugesetzten Chlorbaryums wurde wieder durch Schwefelsäure entfernt, und durch Ammoniak die Beryllerde niedergeschlagen. Aus der abfiltrirten Auflösung wurde aus dem schwefelsauren Salz das Kali bestimmt.

1) Aus 1,5195 Grm. dieses Salzes erhielt ich:

2,188	Grm.	schwefelsaure Baryterde
0,852	-	schwefelsaures Kali
0,124	-	Beryllerde

oder:

		Menge des Sauerstoffs.	Verhältnisse.
Schwefelsäure	= 0,752	0,4501	6

		Menge des Sauerstoffs.	Verhältnisse.
Kali	= 0,460	0,0781	1
Beryllerde	= 0,124	0,0784	1

2) 1,8 Grm. des Salzes gaben:

2,1675 Grm.	schwefelsaure Baryterde
0,996	-	schwefelsaures Kali
0,144	-	Beryllerde

oder:

		Menge des Sauerstoffs.	Verhältnisse.
Schwefelsäure	= 0,9	0,5387	6
Kali	= 0,538	0,0912	1
Beryllerde	= 0,144	0,0911	1

Aus diesen Verhältnissen ersieht man, dafs die Doppelverbindungen der Beryllerde eine ganz andere Klasse bilden, als die, welche der Thonerde eigen sind, mit welcher man die Verbindungen der Beryllerde bis jetzt analog zusammengesetzt gehalten hat. Es läfst sich daher wohl die Beryllerde als $\dot{G}$ zusammengesetzt betrachten, und die Zusammensetzung des Salzes wäre dann $\dot{K}\dddot{S}+\dot{G}\dddot{S}$, obgleich andererseits das Salz auch nach der Formel $3\dot{K}\dddot{S}+\dddot{G}\dddot{S}^3$ zusammengesetzt seyn kann. Da aber das Salz $\dot{K}\dddot{S}+\dddot{G}\dddot{S}^3$ nicht erzeugt werden konnte, daher auch vielleicht gar nicht existirt, so scheint es mir ungezwungener, in der Beryllerde nur einen Atom Sauerstoff anzunehmen, und für die Zusammensetzung des Salzes die Formel $\dot{K}\dddot{S}+\dot{G}\dddot{S}$ festzustellen.

Ich habe übrigens die Gründe für die beiden Ansichten, dafs die Beryllerde nur einen Atom Sauerstoff oder mehr enthält ausführlich mitgetheilt, und überlasse es den Chemikern, namentlich Berzelius, zu entscheiden, welcher von beiden sie den Vorzug geben.

Beryllium-Kalium-Fluorür.

Zur gröfseren Ueberzeugung von einer der beiden Ansichten habe ich die Bestätigung dafür in anderen Ver-

bindungen gesucht. Da mir die Darstellung des Beryllium-Kalium-Chlorürs auf gewöhnlichem Wege nicht glückte, analysirte ich das Beryllium-Kalium-Fluorür. Ich bereitete mir dieses Salz durch Auflösen der Beryllerde in kieselfreier Flufssäure, und zu dieser Auflösung wurde kieselfreies Fluor-Kalium gesetzt; aus der concentrirten Auflösung setzten sich schuppige Krystalle ab. Das auf diese Weise erhaltene Beryllium-Kalium-Fluorür wurde umkrystallisirt. Das Salz ist wasserfrei. Durch Zerlegung mit Schwefelsäure, bis die Fluorwasserstoffsäure weggejagt war, und nach mäfsigem Glühen wurde das zurückbleibende Salz in Wasser aufgelöst und daraus die Beryllerde mit Ammoniak niedergeschlagen. Aus der abfiltrirten Auflösung wurde das Gewicht des schwefelsauren Kali bestimmt.

Aus 1,773 Grm. erhielt ich:

Beryllerde	= 0,279 Grm.	entsprechend 0,102	Beryllium
Schwefelsaures Kali	= 1,875 -	- 0,842	Kalium
also Verlust und Fluor		0,829	
		1,773	

Für die Sättigung 0,842 Kaliums ist 0,402 Fluor erforderlich; ebenso für 0,102 Berylliums, nach dem neuen Atomgewicht berechnet, 0,412 Fluor. Da wir aber diese beiden Zahlen als unter sich gleich annehmen können, und den Unterschied der Unvollkommenheit der Analyse zuschreiben müssen, so sehen wir auch hier, dafs ein Atom Fluorkalium mit einem Atom Fluorberyllium verbunden ist, wodurch es in der That wahrscheinlicher wird, dafs die Beryllerde aus einem Atom Beryllium und einem Atom Sauerstoff zusammengesetzt ist, als dafs sie mehr Atome Sauerstoff enthalten sollte.

Atomgewicht des Berylliums.

Nach den vier obenerwähnten Analysen der schwefelsauren Beryllerde ist das Atomgewicht für die Beryll-

erde 158,084, wenn wir nämlich dieselbe aus einem Atom Sauerstoff und einem Atom Beryllium bestehend annehmen; folglich für Beryllium 58,084; oder was dasselbe ist 4,654 schwerer als das Aequivalent des Wasserstoffs. Unter den uns bekannten einfachen Körpern hat das Beryllium nach dem Wasserstoff das leichteste Atomgewicht, und sein Oxyd enthält unter den Metalloxyden die gröfste Menge Sauerstoff.

Zusammensetzung der bekannten Salze der Beryllerde.

Jetzt bleibt mir noch übrig, von der Constitution der von mir analysirten, so wie der von Berzelius angegebenen Salze zu sprechen, welche durch das neue Atomgewicht eine Veränderung in ihrer Zusammensetzung erleiden müssen.

Neutrale schwefelsaure Beryllerde.

Berechnet man die bei der Bestimmung des Atomgewichts erhaltenen Resultate auf Hundert, so erhalten wir:

		I.	II.	III.	IV.
Schwefelsäure	=	44,57	45,31	42,9	43,16
Beryllerde	=	14,06	14,2	13,61	13,62
Verlust und Wasser	=	41,37	40,49	43,49	43,22

Berechnet man daraus die Menge des Sauerstoffs, so verhält sich der des Wassers viermal und darüber zu dem der Beryllerde. Ich habe allen Grund zu glauben, dafs dieses Salz nach der Formel $\dot{G}\dddot{S}+4\dot{H}$ zusammengesetzt ist, was nach der Berechnung:

Schwefelsäure	1 At.	=	501,165	=	45,19
Beryllerde	1 At.	=	158,084	=	14,25
Wasser	4 At.	=	449,918	=	40,56
			1109,167		100

giebt.

Die zweite von diesen Analysen stimmt sehr gut mit der Formel überein. Die Abweichungen der andern hängen

gen meistentheils von dem mechanisch im Salze enthaltenen Wasser ab; denn das Salz war nicht vollkommen getrocknet, was der Bestimmung des Atomgewichts nicht hinderlich war. Für die Analyse wurde das Salz so angewandt, wie es zwischen Löschpapier getrocknet werden konnte. Auch die Bestimmung der Menge des Wassers in diesem Salze ist sehr schwer; denn das Salz zieht unter +10° Feuchtigkeit aus der Luft an, bei +40° verwittert es, und bei ziemlich hoher Temperatur fängt es schon an seine Schwefelsäure zu verlieren.

Berzelius, welcher dieses Salz für ein saures annahm, hat es, ohne das Wasser in Anrechnung gebracht zu haben, aus:

75,67 Schwefelsäure
24,33 Beryllerde

zusammengesetzt gefunden.

Nach dem neuen Atomgewicht entspricht diefs wasserfreie Salz:

Schwefelsäure	1 At.	= 501,165	76,02
Beryllerde	1 At.	= 158,084	23,98
		659,249	100

was ziemlich gut mit der Analyse von Berzelius übereinstimmt. Wenn meine Analysen des schwefelsauren Salzes sich vielleicht mehr der Wahrheit nähern sollten, als die von Berzelius, so kann diefs nur von dem Umstande herrühren, dafs ich zu meinen Untersuchungen eine sehr grofse Menge des Salzes zur Disposition hatte, und andrerseits dasselbe nur anwandte, wenn es öfters umkrystallisirt worden war, was Berzelius aus Mangel an Material nicht thun konnte.

Das Salz ist sehr leicht in Wasser löslich und aus der concentrirten Auflösung bei freiwilliger Verdunstung schiefst es in Krystallen an. Die Krystalle sind manchmal von ziemlicher Gröfse und erscheinen als Quadratoctaëder, die in den Endkanten Winkel von ungefähr

122° haben, und an den Seitenecken schwach abgestumpft sind. Die Auflösung dieses Salzes unterscheidet sich von den basischen Salzen dadurch, dafs es am Ende des Abdampfens keine Gummiartige Masse giebt, sondern dafs es sich als krystallinisches Mehl absetzt. Das Lakmuspapier wird von der Auflösung geröthet, was allen neutralen Salzen der Beryllerde eigen ist. Erhitzt, verwittert das Salz anfangs, dann bläht es sich wie Alaun auf; stärker erhitzt, verliert es seine Schwefelsäure als schwefeligte Säure und Sauerstoff, und bei Weifsglühhitze hinterläfst es reine Beryllerde. Die auf diese Weise erhaltene Beryllerde ist indessen in Salzsäure fast unauflöslich, und schwerlöslich in Schwefelsäure.

Basische schwefelsaure Beryllerde.

Was die basischen Salze bestrifft, so habe ich sie nicht analysirt, da sie schon von Berzelius untersucht worden sind. Mir bleibt nur ihre Zusammensetzung, verglichen mit dem neuen Atomgewicht, zu zeigen übrig. Berzelius giebt drei verschiedene basische Verbindungen an; vielleicht existiren davon noch mehre.

Wenn man nach Berzelius eine concentrirte Auflösung des neutralen Salzes mit einem Ueberschufs der Beryllerde digerirt, so löst diese sich darin auf. Die von der ungelösten Beryllerde abfiltrirte Auflösung enthält ein basisches Salz, welches nach der Berzeliusschen Analyse:

49,6 Beryllerde und
50,4 Schwefelsäure

enthält, was der Formel $G^3 S$ entspricht, was

Beryllerde 3 At.	=	474,252	48,62
Schwefelsäure 1 At.	=	501,165	51,38
		975,417	100

erfordert. — Dieses Salz ist, wie wir weiter unten sehen werden, wie der in der Natur vorkommende Phenakit zusammengesetzt, wenn statt der Schwefelsäure Kieselsäure mit der Beryllerde sich verbindet.

1) Schweigger's Journ. f. Chem. u. Phys. Bd. XV. S. 296.

Wenn man die concentrirte Auflösung dieses letzten Salzes mit Wasser verdünnt bis noch ein Niederschlag kommt, so zerfällt es in zwei, von denen das eine aufgelöst bleibt, und das andere sich niederschlägt. Das in der Auflösung enthaltene Salz besteht nach Versuchen von Berzelius aus:

39,074	Beryllerde und
60,926	Schwefelsäure

und entspricht der Formel $\dot{G}^2\dddot{S}$, was

Beryllerde 2 At.	= 316,168	38,68
Schwefelsäure 1 At.	= 501,165	61,32
	817,333	100

erfordert. Dieses Salz hat Berzelius für das neutrale schwefelsaure Salz gehalten.

In dem niedergefallenen Salze hat Berzelius

Beryllerde	53,14
Schwefelsäure	28,11
Wasser	18,75
	100

gefunden, was der Formel $\dot{G}^6\dddot{S} + 3\dot{H}$ entspricht, was

Beryllerde 6 At.	= 948,504	53,07
Schwefelsäure 1 At.	= 501,165	28,04
Wasser 3 At.	= 337,439	18,89
	1787,108	100

erfordert.

Schwefelsaure Kali-Beryllerde.

Berechnet man die S. 109 erwähnten Resultate auf Hundert, so erhalten wir:

	I.	II.
Kali	= 30,27	29,94
Beryllerde	= 8,16	8,00
Schwefelsäure	= 49,49	50,00
Wasser u. Verlust	= 12,08	12,06
	100	100

was mit der Formel $\dot{K}\dddot{S} + \dot{G}\dddot{S} + 2\dot{H}$ übereinstimmt.

Kali 1 At.	=	589,916	29,86
Beryllerde 1 At.	=	158,084	8,00
Schwefelsäure 2 At.	=	1002,330	50,74
Wasser 2 At.	=	224,959	11,4
		1975,289	100

Das Salz löst sich sehr langsam in Wasser auf, aber in bedeutender Quantität. Aus der concentrirten Auflösung setzt es sich krystallinisch auf dem Boden fest an. Bei der Bereitung dieses Salzes mufs das Abdampfen nicht so weit getrieben werden, dafs die Auflösung anfängt trübe zu werden; denn eine solche Auflösung erstarrt nach dem Erkalten. Die erstarrte Masse ist nicht die schwefelsaure Kali-Beryllerde von welcher ich spreche, sondern ein anderes, in Wasser leichter lösliches Product, wahrscheinlich, wie ich schon oben angeführt habe, aus ausgeschiedenen Salzen bestehend. Nach anhaltender Rothglühhitze im Windofen zersetzt sich das Salz nicht vollständig; beim Auflösen in Wasser bleibt der gröfste Theil der Beryllerde unaufgelöst zurück, der übrige Theil geht mit der ganzen Masse des schwefelsauren Kalis in die Auflösung und kann durch Ammoniak gefällt werden. Unter der Glocke der Luftpumpe konnte ich das Salz nicht in Krystallen bekommen.

Chlorberyllium.

Das Chlorberyllium mufs nach der Formel $G\,Cl$ aus

88,41 Chlor
11,59 Beryllium

zusammengesetzt seyn.

Nach meinen oben erwähnten Analysen des Chlorberylliums ist in demselben 86,72; 88,26; und 87,63 p.C. Chlor enthalten.

Der Chlorgehalt der zweiten Analyse stimmt am besten mit dem der berechneten Zusammensetzung überein. In demselben Versuch erhielt ich auf 88,26 p.C. Chlor 31,40 p.C. Beryllerde. Der Ueberschufs 19,66 p.C. ent-

spricht sehr gut dem berechneten Sauerstoffgehalt in 31,40 Th. Beryllerde. Er beträgt 19,86 Th.

Man sieht hieraus, dafs das von mir analysirte Chlorberyllium keine Beryllerde enthalten konnte, und wie ich schon oben erwähnt habe, keine Verbindung analog dem chromsauren Chromchlorid seyn kann.

Durch Auflösen des wasserfreien Chlorberylliums in Wasser, und durch Abdampfen unter der Glocke der Luftpumpe, habe ich eine krystallinische Masse erhalten, welche wasserhaltiges Chlorberyllium oder vielmehr wasserhaltige chlorwasserstoffsaure Beryllerde ist. Ich habe es analysirt, und obgleich die erhaltenen Resultate unter einander nicht sehr genau übereinstimmen, so zeigen sie dennoch, dafs das Salz nach der Formel $GCl + 4\dot{H}$ zusammengesetzt ist.

Berzelius erwähnt eine von ihm durch Auflösen der Beryllerde in einem Ueberschufs der Chlorwasserstoffsäure erhaltene krystallinische salzsaure Beryllerde, welche mit der oben erwähnten wohl identisch seyn mufs.

Kalium-Berylliumfluorür.

Die S. 111 erwähnten Resultate, auf Hundert berechnet, führen uns auf folgende Zahlen:

Kalium	= 47,49
Beryllium	= 5,75
Fluor und Verlust	= 46,76
	100

was die Formel $KF + GF$ giebt, welche

Kalium 1 At.	= 489,916	48,24
Beryllium 1 At.	= 58,084	5,72
Fluor 2 Dop. At.	= 467,600	46,04
	1015,600	100

erfordert.

Das Salz ist schwer löslich, beim Erhitzen decrepitirt es.

Ueber die in der Natur vorkommenden Beryllerde-haltigen Mineralien.

I. Chrysoberyll.

Kein Mineral hat bei den verschiedenen Analysen so verschiedene Resultate gegeben wie dieses. Klaproth und Arfvedson hielten es für kieselsaure Thonerde; Seybert verdanken wir die Entdeckung der Beryllerde darin; er nahm an, dafs der Chrysoberyll aus kieselsaurer Thonerde und einem Aluminat der Beryllerde bestehe. Thomson fand zuerst keine Kieselerde in demselben, was durch H. Rose bestätigt worden ist.

Ich habe zwei Arten des Chrysoberylls untersucht; die eine war aus Brasilien, die andere vom Ural. Letztere ist von G. Rose beschrieben worden [1]).

Chrysoberyll aus Brasilien. — Derselbe bestand aus gelben, durchsichtigen, haselnufsgrofsen Stücken. Er hatte das spec. Gewicht 3,7337. Das Mineral wurde im Stahlmörser fein gepulvert, und mit zweifach schwefelsaurem Kali geschmolzen. Die geschmolzene Masse löste sich vollständig im Wasser, was die vollkommene Abwesenheit von Kieselerde beweist. Die Auflösung wurde mit Ammoniak gefällt. Aus der vom Niederschlage getrennten Flüssigkeit wurde eine Spur von Thonerde ausgeschieden. Die durch Ammoniak gefällten Oxyde wurden in Salzsäure gelöst, und die Auflösung in der Kälte mit Kalilauge versetzt. Das dadurch gefällte Eisenoxyd wurde noch einmal in Salzsäure gelöst und durch Ammoniak gefällt. Die Trennung der Beryllerde geschah nach der Gmelin'schen Methode durch Kochen der sehr verdünnten Auflösung. Aus der mit Salzsäure sauer gemachten Flüssigkeit wurde die Thonerde durch Ammoniak gefällt. Das Resultat von zwei Analysen ist folgendes:

1) Pogg. Ann. Bd. XLVIII. S. 570.

I. Angewandt 0,6965 Grm.

		in 100.	Sauerstoffmengen.
Beryllerde	0,125	17,94	11,35
Thonerde	0,544	78,10	36,47
Eisenoxyd	0,034 Oxydul	4,47	1,01
	0,703	100,51	

II. Angewandt 0,620 Grm.

Beryllerde	0,112	18,06	11,42
Thonerde	0,488	78,71	36,76
Eisenoxyd	0,024 Oxydul	3,47	0,79
	0,624	100,24	

Chrysoberyll vom Ural. — Da derselbe eine Spur von Kupfer- und Bleioxyd enthält, so wurde die Auflösung des mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzenen Minerals erst mit Schwefelwasserstoffwasser behandelt. Der Gang der Analyse war wie beim Vorhergehenden, nur wurde die Beryllerde, da sie Chromoxyd enthielt, mit einem Gemenge von kohlensaurem und salpetersaurem Alkali geschmolzen; die geschmolzene Masse wurde mit Wasser behandelt, wobei die Beryllerde ungelöst zurückblieb, welche keine Spur von Chromoxyd vermittelst des Löthrohrs zeigte. Aus der Auflösung wurde die Chromsäure durch Salzsäure in Chromoxyd verwandelt, und dasselbe durch Ammoniak gefällt.

0,688 Grm. des Minerals gaben:

		in 100.	Sauerstoffmengen.
Beryllerde	0,124	18,02	11,4
Thonerde	0,543	78,92	36,86
Eisenoxyd	0,024 Oxydul	3,12	0,71
Chromoxyd	0,0025	0,36	0,107
Kupfer- u. Bleioxyd	0,002	0,29	
	0,6955	100,71	

Der Sauerstoffgehalt der Thonerde ist ziemlich genau in beiden Arten des Chrysoberylls dreimal so gross

als der der Beryllerde und des Eisenoxyduls. Die Art der Verbindung ist dabei wie beim Spinell oder Zeilanit, mit welchem jedoch der Chrysoberyll in der Form nicht übereinkommt.

Die Zusammensetzung des eigentlichen Chrysoberylls kann durch die Formel $\dot{G}\dddot{Al}$ ausgedrückt werden, was der Berechnung nach im 100 giebt.

Thonerde	80,25
Beryllerde	19,75
	100

II. Phenakit.

Der Phenakit vom Ural ist von Hartwall, der vom Elsafs von Bischof untersucht worden [1]).

	Hartwall.		Bischof.
Kieselsäure	55,14		54,400
Beryllerde	44,47		45,567
Thonerde u. Talkerde	Spuren	Kalk u. Talkerde	0,096
	99,61		100,063

Beide Analysen führen zu der Formel $\dot{G}^3\dddot{Si}$; nach dieser ist die berechnete Zusammensetzung:

Kieselsäure	55,44
Beryllerde	44,56
	100,00

Die ältere Formel des Phenakits war: $\dddot{G}\dddot{Si}^2$.

III. Beryll.

Derselbe ist vielfältig untersucht worden. Die Analysen von Berzelius, Scheerer [2]) und Gmelin [3]) sind folgende:

1) Rammelsberg's Handwörterbuch S. 50.

2) Daselbst S. 89.

3) Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 190.



	Von Broddbo Berzelius.	Von Limoges Ch. G. Gmelin.		Von Fossum Scheerer.
Kieselsäure	68,35	67,54		67,00
Thonerde	17,60	17,63		19,64
Beryllerde	13,13	13,51		12,56
Eisenoxyd	0,72	98,68		0,53
Tantaloxyd	0,72		Kalk	0,18
	100,52			99,91.

Die Analysen stimmen mit der Formel $\dot{G}^3 \dddot{Si} + \ddot{Al} \dddot{Si}$ überein, am besten die von Berzelius, besonders da derselbe selbst angiebt [1]), dafs in der erhaltenen Kieselerde auch die enthalten war, die durch Abreiben vom Mörser sich mit dem Minerale gemengt hatte. Die nach obiger Formel berechnete Zusammensetzung ist:

Beryllerde	13,59
Thonerde	18,80
Kieselsäure	67,61
	100,00.

Die alten Formeln für die Zusammensetzung des Berylls waren $\ddot{G} \dddot{Si}^4 + 2 \ddot{Al} \dddot{Si}^2$, oder $\ddot{G} \dddot{Si}^3 + \ddot{Al} \dddot{Si}^3$, von denen die erste ein sehr ungewöhnliches Silicat enthielt, und die letztere nicht gut mit der gefundenen Zusammensetzung übereinstimmt.

IV. Euklas.

Die Analyse von Berzelius gab:

			Sauerstoff.
Kieselerde	43,22		22,45
Thonerde	30,56		14,27
Beryllerde	21,78		13,45
Eisenoxyd	2,22	im Oxydul	0,45
Zinnoxyd	0,70		
	98,48.		

1) Schweigger's Journal, Bd. XII S. 277.

Da der Sauerstoff der Kieselerde zu der der Thonerde und der Beryllerde sich verhält wie 3 : 2 : 2, so ist die Formel für die Zusammensetzung des Euklas $2\dot{G}^3\dddot{S} + \dddot{A}l^2\dddot{S}i$. Die nach dieser Formel berechnete Zusammensetzung ist folgende:

Kieselsäure	43,32
Thonerde	32,12
Beryllerde	24,56
	100.

Die ältere Formel des Euklas: $\dddot{G}\dddot{S}i + 2\dddot{A}l\dddot{S}i$.

V. Gadolinit.

Die Zusammensetzung dieses Minerals wird von Berzelius und von Berlin durch die Formel $\dot{R}^3\dddot{S}i$ bezeichnet; unter $\dot{R}$ wird $\dot{Y}$, $\dot{F}e$, $\dot{C}e$, $\dot{L}a$, $\dot{M}n$ verstanden. Aufser diesen Oxyden ist von Berzelius, Thomson, Richardson und Scheerer auch Beryllerde in demselben gefunden worden. Da nach den alten Ansichten die Beryllerde der Thonerde ähnlich zusammengesetzt angenommen wurde, so war es schwer die Zusammensetzung der beryllerdehaltigen Gadolinite zu bestimmen, und man kam auf die Vermuthung, dafs die Beryllerde vielleicht nur 1 Atom Sauerstoff enthalten, und den übrigen Oxyden analog zusammengesetzt seyn könnte.

Aber auch jetzt, nachdem ich den von mir bestimmten Sauerstoffgehalt der Beryllerde mit dem der übrigen Oxyde in den untersuchten Gadoliniten verglich, bleiben die meisten Zusammensetzungen der beryllerdehaltigen Gadolinite noch dunkel. Nur der von Berzelius untersuchte Gadolinit von Kårarfvet stimmt gut mit der Formel $\dot{R}^3\dddot{S}$ überein, wenn man annimmt, dafs die Beryllerde die übrigen Oxyde ersetzen kann. Diejenigen beryllerdehaltigen Gadolinite, welche Thomson, Richardson



und Scheerer analysirt haben, führen uns zu einer ganz andern Formel, nämlich zu $\dot{R}^3 \dddot{Si}$.

VI. Leucophan.

Dieses Mineral kennen wir durch Berzelius Jahresbericht [1]). Es ist von dem schwedischen Chemiker Erdman untersucht worden.

Derselbe fand darin:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	47,82	24,84	
Beryllerde	11,51	7,28	nach dem neuen Atomgewicht.
Kalkerde	25,00	7,25	
Manganoxydul	1,01		
Kalium	0,26		
Natrium	7,59		
Fluor	6,17		
	99,36.		

woraus er die Formel $\ddot{G}\dddot{Si} + 6\dot{C}a\dddot{Si} + 2NaF$ herleitete, indem er den Sauerstoffgehalt der Beryllerde zu 3,58 annahm. Da derselbe aber 7,28 beträgt, so ist die wahrscheinliche Formel entweder $3\dot{G}^2\dddot{Si} + 2(\dot{C}a^3\dddot{Si}^2 + NaF)$, oder wahrscheinlicher $\dot{G}^3\dddot{Si} + \dot{C}a^3\dddot{Si}^2 + NaF$.

Nach beiden Annahmen ist die berechnete Zusammensetzung:

Kieselerde	49,5	45,72
Beryllerde	11,4	12,25
Kalkerde	26,2	28,18
Natrium	7,1	7,68
Fluor	5,8	6,17
	100.	100.

VII. Helvin.

Auch nach dem neuen Sauerstoffgehalt der Beryllerde ist es schwer, die Zusammensetzung dieses sonder-

1) 21ster Jahrgang, S. 168.

baren Minerals zu bestimmen, zumal da die beiden von Ch. G. Gmelin angestellten Analysen selbst nicht gut mit einander übereinstimmen.

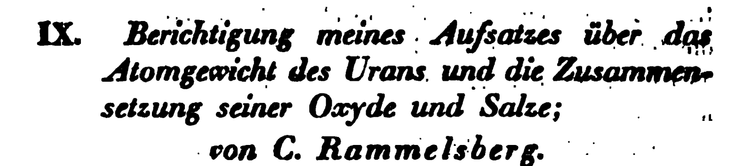
VIII. *Romeït (Roméine), ein neues Mineral.*

Dieses, dem verdienstvollen Romé de l'Isle zu Ehren benannte, Mineral findet sich zu St. Marcel in Piemont, in kleinen Nestern oder Adern, in mitten der Gangmassen, welche das dortige Manganerz begleiten, bald eingewachsen in Feldspath, bald umschlossen von Epidot, Quarz, Braunstein und Greenovit (Ann. Bd. LI S. 209). Er stellt äufserst kleine, verworren gruppirte Krystalle dar, von der Form eines dem regulären sehr nahe kommenden Quadratoctaëders (Hr. Dufrénoy fand die Winkel am Scheitel zwischen 68° 10′ und 69° und die an der Base von 110° 50′ bis 111° 20′). Sie ritzen Glas und haben eine hyacinth- oder honiggelbe Farbe.

Zwei Analysen, die Hr. Damour anstellte, die dieser selbst aber wegen des geringen Materials und wegen der Schwierigkeit, die Gangmasse vollständig abzusondern, nicht für ganz genau hält, ergaben in

	0,4680 Grm.	0,4750 Grm.
Antimonige Säure	0,3705	0,3695
Eisenoxydul	0,0056	0,0067
Manganoxydul	0,0101	0,0124
Kalk	0,0779	0,0769
Kieselerde	0,0030	0,0046
	0,4671	0,4701.

Hienach stellt er die Formel $(\dot{C}a, \dot{M}n, \dot{F}e) \dot{S}b^{3}$ auf, doch will er es unentschieden lassen, ob sich das Antimon gerade als antimonige Säure in dem Mineral befinde. Es ist übrigens in Säuren unlöslich, und wurde deshalb durch Glühen mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen. (*Ann. de Min. S. III T. XX p.* 247.)



IX. *Berichtigung meines Aufsatzes über das Atomgewicht des Urans und die Zusammensetzung seiner Oxyde und Salze;*
von C. Rammelsberg.

Im LV. Bande, S. 318, dieser Annalen theilte ich Versuche über die Zusammensetzung des von Péligot entdeckten Uranchlorürs, und über sein Verhalten in Wasserstoff- und Ammoniakgas mit, und suchte zu zeigen, wie die vorhandenen Data es wahrscheinlich machen, dafs die Sauerstoffmengen in den drei Oxyden des Urans sich $=2:3:3\frac{1}{2}$ verhalten, indem ich annahm, der bisher für metallisches Uran gehaltene Körper sey ein Suboxyd, $=U+O^2$, das Oxydul, welchem jenes Chlorür proportional wäre, sey $=U+O^3$, und das Oxyd $=U^2+O^7$. Unter dieser Annahme versuchte ich, die Zusammensetzung aller bisher untersuchten Uranverbindungen zu berechnen, und da sich fast immer eine nahe Uebereinstimmung der Zahlen ergab, so schien jene Annahme dadurch an Wahrscheinlichkeit zu gewinnen.

Dessen ungeachtet blieb die angeführte atomistische Zusammensetzung der Uranoxyde immer sehr ungewöhnlich, und namentlich die des gelben Oxyds, welches, wiewohl es unter Umständen elektro-negativ auftritt, doch in vielen Verbindungen als Basis erscheint, und wir noch kein Beispiel einer solchen kennen, welche 7 At. Sauerstoff enthält. Diefs bewog mich die Versuche fortzusetzen, welche nun das Resultat gegeben haben, dafs meine frühere Annahme unrichtig ist. Das grüne flüchtige Chlorür entspricht nicht dem lange bekannten Oxydul, sondern dem sogenannten Uranmetall, und jenes Oxydul ist ein Oxyd-Oxydul, wie es beim Eisen, Mangan und Kobalt angetroffen wird.

Es ist mir um so erfreulicher jenen Irrthum berichtigen zu können, als auch bewährte Autoritäten sich für die letzte Annahme entschieden haben. So insbesondere Wöhler in der 7. Aufl. seines Grundrisses der Chemie, S. 149.

Ich glaubte in der Zusammensetzung des durch Ammoniak aus dem Chlorür gefällten Oxyduls einen Beweis gefunden zu haben, dafs die Verbindung dem grünen Oxydul proportional sey, weil jener Körper nach dem Trocknen im Vacuo sich als ein Hydrat des letzteren erwiesen hatte. Allein schon beim Auswaschen, wobei seine Farbe nur wenig dunkler wird, war er oxydirt worden, und da die Menge des Sauerstoffs, welche das Oxydul aufnimmt, indem es sich in Oxyd-Oxydul verwandelt, nur sehr gering ist (100 Th. nehmen $3\frac{1}{2}$ Th. auf), so war die Täuschung um so leichter möglich.

Seit Arfvedson hat man immer angegeben, dafs das Uranoxydul (d. h. der lange für Metall gehaltene Körper) sich in keiner Säure, aufser Salpetersäure, auflöse. Ich habe mich überzeugt, dafs es in concentrirter Schwefelsäure vollständig zu einer grünen Flüssigkeit auflöslich ist, welche das weiter unten zu beschreibende Salz enthält. Da hierbei keine Zersetzung der Säure bemerkbar ist, auch der Zutritt der Luft leicht abgehalten werden kann, so beweist der Versuch, dafs das schwefelsaure Salz jenes Uranoxydul enthält, und zugleich das von Peligot zuerst dargestellte Chlorür, aus welchem man jenes ebenfalls direct erhält, dem Oxydul entspricht.

Es würde nun noch zu beweisen seyn, dafs das Uranoxyd-Oxydul oder das bisherige grüne Uranoxydul wirklich beide Oxyde enthält. Es giebt indessen, so viel ich gefunden habe, nur wenige Körper, welche, wie z. B. Kieselfluorwasserstoffsäure, aus einer gemeinschaftlichen Auflösung von Uranoxydul und Oxyd nur das eine von beiden fällen. Eine mehr indirecte Methode

besteht darin, das Oxyd-Oxydul in Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure aufzulösen und die Auflösung mit Goldchlorid zu vermischen, welches durch Uranoxydulsalze sogleich reducirt wird. Ich werde die Zahlenresultate dieses Versuchs später angeben.

Nach einer Mittheilung von Berzelius an H. Rose überzeugt man sich indessen sehr leicht von der Gegenwart des Oxyds und Oxyduls in dem bisherigen Uranoxydul, indem man es in concentrirter Chlorwasserstoffsäure auflöst, und die Auflösung in einem verschlossenen Gefäfse mit concentrirter Schwefelsäure vermischt. Es scheidet sich dadurch grünes schwefelsaures Uranoxydul krystallinisch aus, und die überstehende Flüssigkeit ist von Uranoxyd intensiv gelb gefärbt. Diese Probe habe ich sehr gut anwendbar gefunden.

Aus den in meinem früheren Aufsatze mitgetheilten Analysen des Uranchlorürs folgt, dafs das entsprechende *Uranoxydul* (Arfvedson's Metall) aus 787,5 Th. Uran und 100 Th. Sauerstoff besteht.

Da nun 96,44 Th. dieses Oxyduls = 100 Th. *Oxyd-Oxydul* (bisher Uranoxydul) sind, also 3,56 Th. Sauerstoff aufnehmen, so bedürfen 887,5 Th. desselben 32,8 Th. Sauerstoff, d. h. 787,5 Th. Uran sind hier mit 132,8 Th. Sauerstoff verbunden.

Im gelben *Uranoxyd* ist nach den bisherigen Erfahrungen anderthalbmal so viel Sauerstoff enthalten, als in der vorigen Verbindung mehr ist, wie im Oxydul, d. h. 787,5 Th. Uran sind mit 149,2 Th. Sauerstoff verbunden.

Die Sauerstoffmultiplen 100 : 132,8 : 149,2 zeigen aber das Verhältnifs von 3 : 4 : $4\frac{1}{2}$ an, welches 100 : 133,3 : 150 seyn würde.

Dann ist:

Uranoxydul	$= \dot{U}$
Uranoxyd-Oxydul	$= \dot{U}\,\ddot{U}$
Uranoxyd	$= \ddot{U}$

so dafs das Uran sich wie Eisen, Mangan und Kobalt verhält.

Unter diesen Voraussetzungen müssen 100 Th. des grünen Chlorürs 74,81 Th. Oxyd-Oxydul liefern, und in der That habe ich im Mittel mehrerer Versuche 74,35 erhalten.

Ich glaube indessen, dafs das Atomgewicht des Urans, welches nach Péligot =750, nach meinen Versuchen =787,5 ist, nachdem die Zusammensetzung seiner Oxyde feststeht, noch genauer aus dem Gewichtsverlust abgeleitet werden kann, welchen das Oxyd-Oxydul bei der Reduction zu Oxydul im Wasserstoffgas erleidet, da dieser Versuch so einfach ist, wie möglich. Auch stimmen alle dafür erhaltenen Zahlen sehr nahe überein.

Arfvedson fand ihn =3,53 und 3,54 Proc., Berzelius =3,56 Proc., Marchand neuerlich =3,57 und =3,60 Proc.

Legt man die von Berzelius gefundene Zahl zum Grunde, so sind 2711,358 Th. Uranoxydul (bisheriges Atomgew. des Urans) mit 100 Th. Sauerstoff zu Oxyd-Oxydul verbunden. Jene sind also $=3U+3O$; und da $2711{,}358-300=2411{,}358$ und $\frac{2411{,}358}{3}=803{,}786$, so ist diese letztere Zahl wohl der möglichst genaue Werth für das Uranatom. Er liegt der von mir gefundenen Zahl 787,5 so nahe, dafs die Differenzen in der procentischen Zusammensetzung der Uranverbindungen höchst unbedeutend werden. Dann ist die Zusammensetzung der Oxyde folgende:

Uranoxydul	=803,786 U	+100	O
Uranoxyd-Oxydul	=803,786 -	+133,33	-
Uranoxyd	=803,786 -	+150	-

oder:

Uranoxydul	=88,93 U	+11,07	O
Uranoxyd-Oxydul	=85,77 -	+14,23	-
Uranoxyd	=84,27 -	+15,73	-

Hier-

Hiernach besteht das Uranchlorür ($U\,Cl$) aus 64,49 Uran und 35,51 Chlor. Ich fand im Mittel von drei Versuchen 35,98 Chlor.

Wenn man Uranchlorür in einem Strom von Wasserstoff- oder Ammoniakgas erhitzt, so erhält man eine braune Substanz, welche entweder ein Subchlorür, $U^2\,Cl$, oder ein Gemisch von $U\,Cl$ mit metallischem Uran ist. Mit Wasser entwickelt sie Wasserstoffgas, indem sich Uranchlorür und Uranoxyd-Oxydul, letzteres vielleicht erst durch Oxydation des Oxyduls bilden. Alle diese Erscheinungen lassen sich nach der neuen Annahme für die Zusammensetzung der Uranoxyde genügend erklären.

Die Verbindung von Uranchlorür und Ammoniak, deren ich erwähnt habe, und welche 5,16 Proc. Ammoniak enthält, ist $=3\,U\,Cl+\dot{N}H^3$, wonach sie 5,42 Proc. von jenem enthalten müfste.

Das gleichfalls (S. 319) erwähnte Hydrat des Oxyd-Oxyduls, welches bei der Analyse 10,94 Proc. Wasser gegeben hat, ist $=\dot{U}\dddot{U}+3\dot{H}$, da ein solches enthalten mufs:

Uranoxyd-Oxydul	89,28
Wasser	10,72
	100.

Schwefelsaures Uranoxydul.

Versetzt man eine Auflösung von Uranchlorür mit Schwefelsäure und verdampft sie, oder löst man direct Uranoxydul in der concentrirten Säure auf, so erhält man das Salz in schönen scharf ausgebildeten dunkelgrünen Krystallen, welche, einer vorläufigen Bestimmung zufolge, achtseitige Prismen darstellen, gebildet aus einem rhombischen Prisma von 118° 38′, und den Abstumpfungen der beiderlei Seitenkanten desselben, von denen diejenige fast immer vorherrscht, welche der stumpfen Kante angehört. Die Endigung bildet eine vierflä-

chige Zuspitzung, anscheinend durch die Flächen eines sehr stumpfen Rhombenoctaëders gebildet, dessen schärfere Endkanten einen Winkel von 167° 14′ bilden, während die stumpferen durch zwei schmale Flächen abgestumpft sind, die parallel der Combinationskanten eine Längenstreifung zeigen. Hiernach scheint das System ein 2- und 2gliedriges zu seyn.

Dieses Salz ist luftbeständig, löst sich aber im Wasser nicht ohne Zersetzung auf, indem sich dabei ein hellgrünes basisches Salz abscheidet. Durch einen Zusatz von Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure wird die Flüssigkeit klar, trübt sich indessen beim Erhitzen von Neuem, im Fall sie nicht eine zu grofse Menge Säure enthält. Concentrirte Schwefelsäure scheidet das neutrale Salz aus seiner Auflösung in krystallinischer Form ab.

Beim Erhitzen verlieren seine Krystalle ihren Wassergehalt, jedoch nur sehr langsam, so dafs selbst bei 200° noch $\frac{1}{8}$ des Ganzen zurückgehalten wird. Noch unterhalb der Temperatur, bei welcher ein Platintiegel sichtlich zu glühen anfängt, entweicht schon etwas Schwefelsäure, und bei anhaltendem Glühen über der Lampe wird sie fast vollständig ausgetrieben.

Ueber die Zusammensetzung dieses Salzes wurden folgende Versuche angestellt:

I. 1,626 Grm., welche durch Erwärmen bis zu 230° 0,347=21,34 Proc. am Gewicht verloren hatten, wurden mit Hülfe von Chlorwasserstoffsäure in Wasser aufgelöst. Durch Chlorbaryum fielen 1,354 schwefelsaurer Baryt, welcher durch einen Gehalt an Uranoxydul eine grünliche Farbe besafs, die sich durch Behandlung mit Säuren nur wenig verminderte, nieder.

Auch der durch Schwefelsäure aus dem Filtrat abgeschiedene überschüssige Baryt war uranhaltig. Das durch Ammoniak gefällte Uranoxydul, beim Zutritt der Luft geglüht, gab 0,783 Oxyd-Oxydul =0,755 Uranoxydul.

II. 1,903 Grm., zuvor durch Stehen über Schwefelsäure von anhängender Feuchtigkeit befreit, wurden mit der dreifachen Menge kohlensauren Natrons zusammengeschmolzen. Mit Wasser ausgezogen, gab die Masse eine gelbliche Flüssigkeit, etwas Uranoxyd-Natron enthaltend, aus welcher nach dem Uebersättigen mittelst Chlorwasserstoffsäure durch Chlorbaryum 1,535 schwefelsaurer Baryt =0,5276 Schwefelsäure gefällt wurden. Das Ungelöste, von braunschwarzer Farbe, wurde in Königswasser aufgelöst und mit Ammoniak gefällt, wobei sich 0,89 Uranoxyd-Oxydul ergaben, =0,8583 Uranoxydul. Die Bestimmung der kleinen Menge Urans in der vom schwefelsauren Baryt abfiltrirten Flüssigkeit ward leider versäumt.

III. 1,347 Grm. verloren beim Erhitzen, ohne zu glühen, 0,355 =26,35 Proc., und hatten dabei eine gelbe Farbe angenommen. Nach anhaltendem Glühen blieben 0,67 dunkel schwarzgrüner Rückstand, =49,96 Proc., welcher in Königswasser aufgelöst und daraus das Oxyd durch Ammoniak gefunden wurde. Es gab 0,657 Oxyd-Oxydul =0,6336 Uranoxydul.

Nach diesen Versuchen enthält das Salz:

	I.	II.	III.
Uranoxydul	46,44	45,10	47,04
Schwefelsäure	28,62	27,20	

Wenn man erwägt, dafs der Urangehalt, besonders in I. und II. nothwendig etwas zu gering, der Schwefelsäuregehalt etwas zu grofs seyn mufs, so ist wohl kein Zweifel, dafs das Salz ein neutrales mit 4 At. Wasser sey, $\dot{U}\dddot{S}+4\dot{H}$, da ein solches enthalten mufs:

Uranoxydul	48,73
Schwefelsäure	27,02
Wasser	24,25
	100.

Basisch schwefelsaures Uranoxydul.

Die durch Einwirkung von Wasser auf das neutrale Salz entstehende Verbindung stellt einen hellgrünen, in Säuren auflöslichen Niederschlag dar, über dessen Zusammensetzung folgende Versuche Aufschlufs geben:

I. 0,962 Grm., die über Schwefelsäure getrocknet worden, gaben bis 220° 0,094 =9,77 Proc. Wasser ab, während ein Theil bei dieser Temperatur sich noch nicht verflüchtigte. Der Rest wurde mit kohlensaurem Natron geglüht und in der früheren Art weiter verfahren, wobei sich 0,5675 schwefelsaurer Baryt ergab, =0,19506 Schwefelsäure. Bei der Bestimmung des Urans ging ein Theil verloren, indem nur 0,657 Oxyd-Oxydul =0,6336 Uranoxydul =65,86 Proc. erhalten wurden.

II. 0,662 Grm. lieferten 0,385 schwefelsauren Baryt, =0,13233 Schwefelsäure, und 0,47 Uranoxyd-Oxydul, =0,453268 Uranoxydul.

Hiernach enthält das Salz:

	I.	II.		Berechnet.
Uranoxydul	—	68,47	2 At.	68,31
Schwefelsäure	20,28	19,99	1 -	18,94
Wasser			3 -	12,75
				100.

Es ist also $\dot{U}^2 \dddot{S} + 3\dot{H}$.

Man erhält diese Verbindung auch durch Zusatz von wenig Ammoniak zur sauren Auflösung des neutralen Salzes; ein Ueberschufs des Alkalis schlägt Uranoxydulhydrat nieder.

Von den bis jetzt untersuchten *Uranoxyd*salzen enthält das Folgende eine Berechnung nach dem nun angenommenen Atomgewicht des Urans und der Zusammensetzung seiner Oxyde.

Kaliumuranchlorid, von Berzelius untersucht. Es hatte 54,61 Proc. Oxyd-Oxydul gegeben.

	Gefunden.	$3KCl + UCl^3 + 2\dddot{U}\dot{H}^3$.
Chlor	26,48	25,98
Kalium	14,43	14,38
Uran	46,84	47,17
		Sauerstoff 5,87
		Wasser 6,60
		100.

Schwefelsaures Uranoxyd-Kali. Wahrscheinlich giebt es mehrere Verbindungen zwischen beiden einfachen Salzen, in denen jedoch stets $\dddot{U}\dddot{S}$, und nicht das neutrale Salz enthalten ist.

Die von Arfvedson analysirte Verbindung stimmt ziemlich gut mit $3\dot{K}\dddot{S} + 4\dddot{U}\dddot{S}$ überein, war aber dennoch wohl ein Gemenge. Die beiden von Berzelius untersuchten Doppelsalze nähern sich $\dot{K}\dddot{S} + \dddot{U}\dddot{S} + \dot{H}$ und $\dot{K}\dddot{S} + \dddot{U}\dddot{S} + 2\dot{H}$. Sie dürften eine neue Untersuchung erfordern.

Oxalsaures Uranoxyd. Die beiden Verbindungen, welche Berzelius beschrieben hat, haben eine einfache Zusammensetzung:

	I.		II.	
	Gefunden.	Berechnet.	Gefunden.	Berechnet.
Uranoxyd	68,52	70,74	79,64	78,38
Oxalsäure	16,73	16,75	12,44	12,38
Wasser	13,22	12,51	7,92	9,24
	98,47	100.	100.	100.

I. $= \dddot{U}\dddot{C} + 3\dot{H}$ II. $= \dddot{U}\dddot{C}^2 + 6\dot{H}$.

Essigsaures Uranoxyd. Péligot's Analyse giebt $\dddot{U}\bar{A} + 2\dot{H}$; denn er fand 67,3 Proc. Uranoxyd darin, während die Formel 68,78 Uranoxyd, 23,10 Essigsäure (=10,94 Kohlenstoff) und 8,12 Wasser erfordert.

Kohlensaures Uranoxyd-Ammoniak. Die Analyse

von Delffs läfst den Ausdruck $\dddot{U}\dot{C}+2\dot{N}H^4\dot{C}+\dot{H}$ zu. Denn er erfordert:

Uranoxyd	54,48
Ammoniak	12,25
Kohlensäure	23,63
Wasser	9,64
	100.

Es wurden 54,5 Proc. Oxyd-Oxydul = 55,47 Oxyd erhalten.

Uranit. Die berechnete Zusammensetzung ist nach der Formel $\dot{R}^3\dddot{P}+2\dddot{U}^3\dddot{P}+24\dot{H}$ für:

	Kalk-Uranit.		Kupfer-Uranit.
Phosphorsäure	14,96		14,62
Uranoxyd	63,97		62,51
Kalkerde	5,97	Kupferoxyd	8,12
Wasser	15,10		14,75
	100.		100.

Salze, in denen das Uranoxyd die Säure ist.

Die von Berzelius untersuchte *Kaliverbindung* entspricht der Formel $\dot{K}\dddot{U}^2$, welche giebt:

Kali	13,39
Uranoxyd	86,61
	100.

Den entsprechenden Ausdruck, $\dot{Ba}\dddot{U}^2$, giebt das von B. gleichfalls untersuchte *Barytsalz*, welches hiernach 20,05 Baryt und 79,95 Uranoxyd enthält. Arfvedson's Verbindungen führen zu keiner einfachen Formel, wahrscheinlich weil es Gemenge waren.

Von den beiden von Arfvedson beschriebenen *Bleiverbindungen* ist die eine $\dot{P}b^2\dddot{U}$ (Rechnung: 59,39 Bleioxyd, 40,61 Uranoxyd) die anderen dagegen wohl

gleichfalls ein Gemenge von Uranoxyd und Uranoxyd-Bleioxyd. Am nächsten kommt ihr der Ausdruck $\dot{Pb}\dddot{U}^4$ (15,45 Bleioxyd, 84,55 Uranoxyd).

X. *Elektrochemische Untersuchungen; von L. F. Schönbein.*

Erste Abtheilung.

Ueber die Volta'sche Polarisation fester und flüssiger Körper.

Schon vor einigen Jahren erwähnte ich in einer meiner Arbeiten über die sogenannte Polarisation fester und flüssiger Leiter der Thatsache, dafs Wasser, durch welches der Strom einer Säule gegangen, nur dann polarisirt erscheine, wenn dasselbe durch Platin zur Kette geschlossen werde [1]). In neuester Zeit habe ich diese interessante Erscheinung zum Gegenstande weiterer Untersuchungen gemacht, und bin hiebei zu einigen Ergebnissen gelangt, welche mir der Mittheilung nicht ganz unwerth zu seyn scheinen.

Um möglichst zuverlässige Resultate zu erhalten und alle störenden Einflüsse auszuschliefsen, bediente ich mich bei meinen Versuchen des destillirten Wassers, das einen Grad chemischer Reinheit hatte, wie derselbe nur immer erreichbar ist. Das Galvanometer, das ich zu meinen Strombeobachtungen benutzte, hatte 2000 Drahtwindungen, und war somit schon für sehr schwache hydroelektrische Ströme empfindlich. Die gebrauchten Elektroden hatten zwei Zoll Länge, fünf Linien Breite, wurden immer vor Anstellung des Versuches mit gröfster Sorgfalt gereinigt, und nie trocken, sondern immer mit chemisch reinem Wasser benetzt, in die zu untersuchende Flüssigkeit eingetaucht.

1) Ann. Bd. XXXXVI S. 109, und Bd. XXXXVII S. 101.

Zwei kleine, mit Wasser gefüllte Glasgefäfse, deren flüssiger Inhalt durch eine thierische Membran von einander geschieden war, wurden einige Secunden lang mit den Polen einer kräftigen Säule in leitende Verbindung gesetzt, unter welchen Umständen eine schwache, aber doch noch wahrnehmbare Wasserzersetzung eintrat. Wurden hierauf Goldstreifen in die Flüssigkeiten beider Gefäfse getaucht, und brachte man jene in Verbindung mit dem Galvanometer, so zeigte bei wenigstens funfzig Versuchen die Magnetnadel dieses Instrumentes auch nicht die geringste Ablenkung. Ein gleich negatives Resultat ergab sich auch, wenn, anstatt des Goldes, Silber- oder Kupferstreifen in Anwendung gebracht wurden. Tauchte man dagegen in die fraglichen Flüssigkeiten Platinstreifen ein, so trat ein sehr merklicher Strom auf, von einer Richtung entgegengesetzt derjenigen, in welcher der Strom der Säule durch das Wasser der beiden Gefäfse gegangen war. Es verhielt sich somit der Theil des Wassers, welcher mit dem positiven Pol der Säule in Berührung gestanden hatte, negativ gegen den Theil des Wassers, in welches der negative Pol eingetaucht gewesen. Stellte ich in dasjenige Glas, dessen Flüssigkeit mit dem positiven Pol der Säule communicirt hatte, einen Platinstreifen, in das andere Gefäfs einen Goldstreifen, so vermochte eine derartige Vorrichtung, mit dem Galvanometer verbunden, die Magnetnadel auf keine merkliche Weise abzulenken. Verwechselte ich aber diese Streifen, so erhielt ich sofort einen Strom von einer Richtung, übereinstimmend mit derjenigen, welche die mit zwei Platinstreifen erhaltene Strömung zeigte.

Hatte die Elektrolyse des Wassers in den Gefäfsen einige Zeit gedauert und in ziemlich merklichem Grade stattgefunden, so entstand ein secundärer Strom von der angegebenen Richtung, selbst in dem Falle, wo in das mit dem positiven Pol in Verbindung gestandene Gefäfs, anstatt eines Goldstreifens, einer von Silber oder Kupfer

oder selbst von Eisen gebracht wurde, während in dem anderen Gefäſs ein Platinstreifen stand.

Dieses Resultat muſs um so auffallender erscheinen, als selbst in destillirtem Wasser das Silber, Kupfer und Eisen positiv gegen das Platin sich verhalten.

Es lag mir nun zunächst daran auszumitteln: ob der Sitz des beobachteten secundären Stromes nur in dem Theile des Wassers liege, welcher mit dem negativen Theile der Säule communicirt hatte, oder ob vielleicht auch das Wasser des anderen Gefäſses, in welchem der positive Pol gestanden, zu dem fraglichen Stromphänomen etwas beitrage.

Zu diesem Behufe wurden die beiden Gefäſse von einander getrennt, nachdem der Strom der Säule einige Zeit durch ihren flüssigen Inhalt gegangen war, und stellte man das Gefäſs, in welchem während der Elektrolyse Wasserstoff sich entbunden hatte, in ein Glas, das gewöhnliches chemisch reines Wasser enthielt. Es ist kaum nöthig zu sagen, daſs beide Flüssigkeiten auch wieder durch ein Membran von einander getrennt waren. Bei Verbindung dieser letzteren mit dem Galvanometer erhielt ich vollkommen dieselben Resultate, welche mir früher die ungetrennten Gefäſse geliefert hatten. Es verhielt sich nämlich die mit dem negativen Pole verbunden gewesene Flüssigkeit positiv gegen das gewöhnliche chemisch reine Wasser, falls ich in jene einen Platinstreifen eintauchte; in Volta'scher Hinsicht aber gänzlich indifferent, wenn andere Metalle an die Stelle des Platins gesetzt wurden.

Brachte man den Theil der Flüssigkeit, welcher mit dem positiven Pol der Säule in Berührung gestanden hatte, in leitende Verbindung (vermittelst einer Membran) mit gewöhnlich chemisch reinem Wasser, so lieferten weder Platin-, noch Gold-, noch Silber- oder Kupferstreifen einen Strom.

Diese Thatsachen scheinen nun zu dem Schlusse zu

berechtigen, dafs nur dasjenige Wasser, welches mit dem negativen Pol communicirt hat, den Grund der secundären Stromerscheinung enthält; der Theil des Wassers aber, in welchem der positive Pol getaucht, nichts zu dem fraglichen Phänomen beiträgt.

Vermuthend, dafs bei dieser Stromerscheinung der durch die Elektrolyse entbundene Wasserstoff die Hauptrolle spiele, schüttelte ich chemisch reines Wasser mit Wasserstoffgas, das auf chemischem Wege dargestellt worden war, und combinirte Volta'sch diese Lösung mit reinem Wasser. Verband ich nun beide Flüssigkeiten vermittelst Platinstreifen mit dem Galvanometer, so trat eine starke Ablenkung der Nadel im Sinne der Wasserstofflösung ein, d. h. letztere war positiv gegen das gewöhnliche Wasser. Liefs ich einen Platinstreifen in besagter Lösung stehen, und brachte ich in das reine Wasser einen Streifen von Gold oder von Silber, oder von Kupfer oder Eisen, so ging auch unter diesen Umständen noch ein Strom vom wasserstoffhaltigen zum reinen Wasser, wobei es sich jedoch von selbst versteht, dafs bei Anwendung von Gold- oder Silberstreifen ein stärkerer Strom erhalten wurde, als der war, welchen Kupfer- oder Eisenstreifen lieferten.

Setzte man die letzt erwähnten Flüssigkeiten durch gleichartige Metallstreifen, z. B. durch goldene, silberne, kupferne, in leitende Verbindung mit dem Galvanometer, so wurde dieses nicht merklich afficirt.

Da aus den voranstehenden Angaben erhellt, dafs Wasser, welches in Verbindung mit dem negativen Pole einer Säule gestanden, in Volta'scher Hinsicht genau so sich verhält, wie eine künstlich gemachte Wasserstofflösung, so dürfte auch wohl gefolgert werden, dafs in beiden Flüssigkeiten es der Wasserstoff sey, welcher die nächste Ursache der in Rede stehenden Stromerscheinung enthält.

Wenn es nun scheint, als ob die Berührung zwi-

schen einer Wasserstofflösung und gewöhnlichem Wasser eine elektrische Spannung zur Folge habe, d. h. als ob jene Lösung positiv, das bloſse Wasser negativ werde bei ihrem Contact, so läſst sich aus einigen der angeführten Thatsachen deutlich abnehmen, daſs dem doch nicht so sey.

Würden nämlich beide Flüssigkeiten es vermögen, für sich allein schon in entgegengesetzte elektrische Zustände zu treten, so müſsten jene nothwendig einen Strom liefern, mit welchem Metalle man sie auch zur Kette schlösse. Nach den vorhin erwähnten Erfahrungen entsteht aber bei Anwendung von Gold, Silber, Kupfer etc. als Schlieſsungsmittel kein Strom; was zeigt, daſs die Wasserstofflösung und Wasser keinerlei Art von elektromotorischer Wirkung auf einander ausüben.

Um mit den erwähnten Flüssigkeiten Ströme zu erhalten, ist es eine unerläſsliche Bedingung, daſs Platin in die Wasserstofflösung eintauche; woraus erhellt, daſs dieses Metall, der Wasserstoff und das Wasser in einer eigenthümlichen, ausnahmsweisen Volta'schen Beziehung zu einander stehen, und Platin in dieser Hinsicht von Gold, Silber, Kupfer, Eisen und wahrscheinlich von allen übrigen metallischen Körpern sich unterscheidet. Ob einige der sogenannten Platinmetalle, z. B. das Iridium, unter den oben erwähnten Umständen ähnlich dem Platin wirken, habe ich noch nicht ausgemittelt, vom Palladium jedoch weiſs ich, daſs es sich wie Gold, Silber etc. verhält.

Von der Ansicht ausgehend, daſs der in hydro-elektrischen Ketten auftretende Strom nicht aus dem bloſsen Contact heterogener Materien, unabhängig von Stoffsveränderung, sondern aus einer chemischen Thätigkeit entspringe, kann ich auch nicht umhin, den durch Platin, Wasserstoff und Wasser erzeugten Strom von einer chemischen Ursache abzuleiten.

Aber welche chemische Thätigkeit soll denn wohl

stattfinden, wenn die drei letztgenannten Materien in gegenseitiger Berührung stehen? Der dermalige Stand des chemischen Wissens läfst uns in der That nicht einsehen, welche Art von Wechselwirkung unter den angegebenen Umständen Platz greifen sollte, und wir müssen sagen, dafs die erwähnten Stoffe völlig unwirksam in chemischer Beziehung zu einander sich verhalten.

Man könnte vielleicht aber annehmen, dafs die kleine Menge des im Wasser gelösten Sauerstoffs unter dem Einflufs des Platins mit dem Wasserstoff, der in der gleichen Flüssigkeit enthalten ist, zu Wasser sich vereinigt und dafs in dieser chemischen Thätigkeit die Quelle des beobachteten Stromes läge. Ich selbst hegte früher diese Meinung, bin aber davon aus mehr als einem Grunde zurückgekommen.

Mir ist keine einzige Thatsache bekannt, welche den Beweis lieferte, dafs in Folge der Vereinigung freien Sauerstoffs mit freiem Wasserstoff, oder irgend eines isolirten Elementes mit einem andern isolirten einfachen Stoff eine Volta'sche Strömung einträte. Und dann machen es die Untersuchungen Faraday's und diejenigen einiger anderen Physiker im hohen Grade wahrscheinlich, dafs in den sogenannten hydro-elektrischen Ketten nur dann ein Volta'scher Strom entsteht, wenn in denselben ein elektrolytischer Körper eine chemische Zersetzung erleidet, wenn also z. B. das Wasser seinen Sauerstoff oder die Salzsäure ihr Chlor an ein Metall der Kette abtritt.

Mag dem aber seyn wie ihm wolle, so liegt eine Thatsache vor, die auf das Ueberzeugendste darthut, dafs in dem vorliegenden Falle der beobachtete Strom seinen Ursprung nicht in einer directen Oxydation des Wasserstoffs nimmt. Kocht man nämlich das Wasser, ehe man in ihm Wasserstoffgas auflöst, sorgfältigst aus, und entfernt man ebenfalls vor dem Versuche alle Luft von den Platinstreifen; ist also weder in der Wasserstofflösung,

noch an den Platinelektroden freier Sauerstoff vorhanden, so geht nichts destoweniger von der letztgenannten Flüssigkeit zum reinen Wasser ein Strom, dessen Stärke um Nichts vermehrt wird, wenn man auch in die Wasserstofflösung atmosphärische Luft oder reines Sauerstoffgas einführt. Da die An- oder Abwesenheit von Sauerstoff in der besagten Wasserstofflösung keinen Einfluſs auf das erhaltene Resultat ausübt, so sind wir wohl auch berechtigt zu schlieſsen, daſs der auftretende Strom seine Entstehung nicht der Verbindung des Wasserstoffs mit freiem Sauerstoff verdankt.

Sollte vielleicht die in Rede stehende Stromerscheinung aber doch nicht in irgend einem Zusammenhange stehen mit dem so merkwürdigen Vermögen des Platins: schon bei gewönlicher Temperatur die Affinität zwischen Sauerstoff und Wasserstoff zu erregen und deren chemische Verbindung einzuleiten?

Die Chemiker haben uns bis jetzt nur zwei Verbindungen kennen gelehrt: das Wasserstoffsuperoxyd und das Wasser. Es ist nun aber nichts weniger als eine chemische Unmöglichkeit, daſs es auch noch andere Oxydationsstufen gebe, und namentlich auch eine solche, in der sich weniger Sauerstoff als im Wasser finde, also ein sogenanntes Wasserstoffsuboxyd. Es wäre ferner möglich, daſs der im Wasser gelöste Wasserstoff durch die Anwesenheit des Platins bestimmt würde, mit einem Theile jener Flüssigkeit sich zu verbinden und damit ein Suboxyd zu bilden.

Wenn es nun eine bekannte Thatsache ist, daſs in der Regel das Suboxyd eines Radicals zu einer höheren Oxydationsstufe des letzteren positiv sich verhält, so kann die Vermuthung nicht sehr gewagt genannt werden, daſs auch das vermuthete Wasserstoffsuboxyd zum Wasser in der genannten Volta'schen Beziehung stehe.

Nehmen wir aber an: das Platin, in Folge seiner eigenthümlichen Wirkung auf den Wasserstoff, bewerk-

stellige in dem Wasser, welches jenes Element gelöst enthält, die Bildung eines solchen Suboxyds, so würde sich die oben besprochene Stromerscheinung ganz einfach aus dieser Hypothese erklären, und würden wir durch letztere namentlich auch die Thatsache begreifen, dafs Gold, Silber und Kupfer in der erwähnten Wasserstoffkette keinen Strom zu verursachen im Stande sind, weil eben diesen Metallen das (katalytische) Vermögen abgeht, aus Wasserstoff und Wasser ein Suboxyd zu erzeugen.

Ich kann nicht umhin, an diesem Orte eine Thatsache zu besprechen, welche nach meinem Erachten einen Zusammenhang mit dem eben jetzt in Rede stehenden Gegenstand zu haben scheint. Gold, Silber und Kupfer zeigen, nachdem sie in reinem Wasser als negative Elektroden gedient haben, positive Polarität. Die Ursache dieses Zustandes kann nun wohl nicht in einer an diesen Metallen haftenden Wasserstoffschicht liegen; denn wenn dieselben in eine Atmosphäre von Wasserstoffgas gehalten oder auf irgend eine andere Weise mit diesem Elemente in Berührung gesetzt werden, so verändern sie unter solchen Umständen ihren natürlichen Charakter durchaus nicht, während, wie diefs meine früheren Versuche gezeigt haben, das Platin unter diesen Verhältnissen beinahe augenblicklich die positive Polarität erlangt.

Wenn nun aber der Wasserstoff das Gold, Silber und Kupfer nicht positiv zu polarisiren vermag, wie kommt es denn, dafs diese Metalle als negative Elektroden bei der Elektrolyse des reinen Wassers dennoch positiv werden? Letztere Substanz kann bei ihrer Zerlegung anscheinend nichts anderes am negativen Pole absetzen als Wasserstoff, und da dieses Element keinen Volta'schen Einflufs auf die genannten Metalle ausübt, sollte denn der blofse Durchgang des Stromes durch dieselben verändernd auf ihren elektromotorischen Charakter einwirken?

Dafs dem nicht so ist, habe ich früher durch Versuche nachgewiesen, erhellt aber schon aus dem einfachen Umstande, dafs Platin, wie Gold, Silber und Kupfer als negative Elektroden nur dann positive Polarität erlangen, wenn sie in eine elektrolytische Flüssigkeit eintauchen. Es mufs also diese Polarität von irgend einer auf die negative Elektrode abgelagerten Materie herrühren.

Es ist eine wohl bekannte Sache, dafs bei der Elektrolyse häufig secundäre chemische Producte sich bilden, und es sind in der That die meisten Verbindungen, welche der sinnreiche Becquerel auf Volta'schem Wege dargestellt hat, derartige Erzeugnisse. Ich halte es sogar für sehr wahrscheinlich, dafs bei jeder Elektrolyse solche secundäre Producte entstehen.

Indem nun das reine Wasser durch einen Strom zerlegt wird und Wasserstoff an der negativen Elektrode auftritt, könnte es gar wohl geschehen, dafs ein Theil dieses Elementes mit Wasser zu Wasserstoffsuboxyd sich verbände, ganz in derselben Weise, wie z. B. der am positiven Pole ausgeschiedene Sauerstoff mit dem Oxyd eines in der Zersetzungszelle vorhandenen Bleisalzes zu Hyperoxyd sich verbindet.

Da der Wasserstoff im Augenblick, wo er den Sauerstoff des Wassers verläfst, im nascirenden Zustande sich befindet, so ist er auch in dieser Beschaffenheit fähig, chemische Verbindungen einzugehen, in welche derselbe als gasförmiger Körper nicht einzutreten vermöchte. Nehmen wir nun an, dafs bei der Elektrolyse des Wassers auf der negativen Elektrode Wasserstoffsuboxyd sich bilde, so wird es begreiflich, warum Gold, Silber und Kupfer, als negative Pole in Wasser functionirend, eben so gut positiv polar werden als das Platin.

Vorausgesetzt es entstehe wirklich unter den angeführten Umständen ein solches Suboxyd, so fragt es sich, welche chemische Wirkung dasselbe auf reines Was-

ser ausübe, um mit diesem einen Strom erzeugen zu können.

In dem Augusthefte des *Philosophical Magazine* von 1839 habe ich mich umständlich über eine Kette ausgesprochen, in welcher die elektromotorischen Elemente reines Wasser und Blei- oder irgend ein anderes Metallsuperoxyd sind, Substanzen also, welche nach der Annahme der Chemiker für sich allein durchaus nicht auf einander zu wirken vermögen, und dennoch, wenn zur Kette geschlossen, einen Strom erregen [1]). Da eine Kette aus Wasser und Wasserstoffsuboxyd gebildet genau entgegengesetzt wäre derjenigen, welche aus Wasser und Bleihyperoxyd besteht, so beziehe ich mich hier auf die fragliche Abhandlung, und bemerke nur noch, dafs nach meinem Dafürhalten ein Theil des im Suboxyde enthaltenen Wasserstoffs dieselbe Beziehung zum Sauerstoff des reinen Wassers hat, in welcher ein Theil des im Bleihyperoxyd enthaltenen Sauerstoffs zum Wasserstoff des gewöhnlichen Wassers steht.

Es ist weiter oben bemerkt worden, dafs Wasser, welches mit dem positiven Pol einer Säule in Berührung gestanden, in welchem also Sauerstoff entbunden worden ist, gegen gewöhnliches Wasser in Volta'scher Hinsicht vollkommen indifferent sich verhalte, und diefs selbst in diesem Falle, wo beide Flüssigkeiten durch Platin zur Kette geschlossen werden.

Nach meinen Erfahrungen sind aber Platin und Gold, nachdem sie im reinsten Wasser als positive Elektroden gedient haben, in einem auffallenden Grade negativ polar gegen gewöhnliches Gold und Platin. Worin hat nun dieser Zustand der fraglichen Metalle seinen Grund? Matteucci giebt zwar an, dafs Platin, welches einige Zeit in einer Atmosphäre von Sauerstoffgas sich befunden habe, eine negative Polarität zeige; mir ist es aber noch nicht gelungen, ein solches Verhalten zu beobachten, obgleich ich schon oft das letztgenannte Metall, wie

1) Vergl. Ann. Bd. XXXXIII S. 89.

auch das Gold in chemisch reinen Sauerstoff brachte. Ich kann daher wohl kaum die negative Polarität, welche die erwähnten Metalle als positive Elektroden in reinem Wasser erlangen, jenem Elemente zuschreiben, und mufs die Ursache des fraglichen Zustandes in einer andern Materie suchen.

Es könnte sich nun allerdings als secundäres Product auf den Pol während der Elektrolyse des Wassers etwas Wasserstoffsuperoxyd bilden, indem nämlich ein Theil des an jenem Pole freiwerdenden Sauerstoffs mit dem ihn umgebenden Wasser in Verbindung träte. Wie aber Becquerel schon gezeigt hat, verhält sich das genannte Hyperoxyd zum Wasser abnorm, d. h. nicht negativ, wie diefs die Mehrzahl der Hyperoxyde thut, sondern positiv. Einige Versuche, die ich selbst mit dem oxydirten Wasser angestellt, haben mir die Angaben des französischen Physikers vollkommen bestätigt, und es kann somit das Wasserstoffsuperoxyd nicht wohl die Ursache der beobachteten negativen Polarität der positiven Gold- und Platinelektroden seyn.

Da die Chemiker annehmen, dafs Gold und Platin direct nicht oxydirbar seyen, und der an ihnen während der Elektrolyse des Wassers an ihnen ausgeschiedene Sauerstoff nicht einmal spurenweise mit denselben sich verbinde, so würde bei Voraussetzung der Richtigkeit dieser Annahme, die in Rede stehende Polarität auch nicht von den Oxyden dieser Metalle abgeleitet werden dürfen. De la Rive ist allerdings anderer Meinung, und behauptet geradezu, dafs Gold und Platin, als positive Pole einer Säule dienend, sich zu oxydiren vermöchten. Wir werden weiter unten die Angaben des verdienten Genfer Physikers genauer prüfen, und hier nur bemerken, dafs wir bis jetzt noch nicht dessen Ansicht theilen können.

In der Abhandlung über den elektrischen Geruch, die ich vor einiger Zeit der Academie in München vor-

legte [1]), wurde gezeigt, dafs während der Elektrolyse des Wassers am positiven Pole eine gasförmige Substanz sich entbinde, welche das Vermögen besitzt, im Golde und im Platin augenblicklich eine starke negative Polarität hervorzurufen, ganz in derselben Weise, wie diefs Chlor und Brom zu thun im Stande sind.

Von welcher chemischen Natur nun auch jene riechende Materie seyn mag, so scheint mir kaum ein Zweifel darüber obzuwalten, dafs sie es eben ist, welche das aufserordentliche elektromotorische Vermögen dem Gold und Platin ertheilt, während diese Metalle als negative Elektroden innerhalb des Wassers functioniren.

Ehe ich den Gegenstand der Volta'schen Polarisation verlasse, kann ich nicht umhin, noch auf einen merkwürdigen Unterschied aufmerksam zu machen, welcher zwischen sauerstoffhaltigen und halogenhaltigen Elektrolyten stattfindet.

Läfst man durch zwei Gefäfse, welche z. B. mit Chlor- oder Bromwasserstoffsäure gefüllt sind und durch eine thierische Membran unter einander in leitender Verbindung stehen, auch nur einen Augenblick den Strom einer Säule gehen, so werden dieselben, wie ich diefs schon anderwärts bemerkt habe, einen secundären Strom liefern, d. h. sich polarisirt zeigen, mit welchen Metallen sie auch zur Kette geschlossen werden mögen. Trennt man die besagten Gefäfse, nachdem sie längere oder kürzere Zeit mit der Säule in Verbindung gestanden, von einander ab, und bringt dasjenige derselben, welches mit dem positiven Pol communicirt hatte, in Volta'sche Combination (vermittelst einer thierischen Membran) mit gewöhnlicher Salzsäure oder Bromwasserstoffsäure, so erhält man beim Schliefsen einer so beschaffenen Kette einen Strom, der von der gewöhnlichen Salzsäure zu der andern Flüssigkeit geht. Ob Platin, ob Gold, Silber oder Kupfer benutzt wird, um besagte Flüssigkeiten mit dem Galvanometer zu verbinden, ist gleichgültig; man er-

1) S. Annal. Bd. L S. 616.

hält immer das gleiche Stromresultat. Wird das Gefäfs, in welchem der negative Pol gestanden hatte, mit gewöhnlicher Salzsäure Volta'sch verbunden, so erhält man von dieser Kette nur in dem Falle einen Strom, wo dieselbe durch Platin geschlossen wird, und dieser secundäre Strom geht von der mit dem negativen Pol in Verbindung gestandenen Salzsäure zu der gewöhnlichen Salzsäure. Es ist jene gegen diese positiv.

Aus den zuletzt angeführten Thatsachen erhellt, dafs der Zustand, welchen ein Strom in reinem Wasser oder in einer wäfsrigen Lösung eines Oxyelektrolyten hervorruft, verschieden ist von demjenigen Zustand, in welchen die Salzsäure oder die wäfsrige Lösung eines halogenhaltigen elektrolytischen Körpers durch einen Strom versetzt wird. In der ersten Art von Flüssigkeiten trägt nur derjenige Theil zur Erzeugung des secundären Stromes bei, welcher mit dem negativen Pole der Säule communicirt hat; während bei der zweiten Art von Elektrolyten auch der Theil derselben noch elektromotorisch wirkt, der mit dem positiven Pol in Berührung gestanden.

Wie ich mich durch eine grofse Anzahl von Versuchen überzeugt habe, liegen die hervorgehobenen Verschiedenheiten des Verhaltens beider Arten von Flüssigkeiten einzig und allein in dem Umstande begründet, dafs Chlor und Brom gegen gewöhnliches Wasser in einem ausgezeichneten Grade negativ sich verhalten und diese Elemente am positiven Pole auftreten, wenn die elektrolytische Zersetzungsfähigkeit Chlor-, Brom- oder Fluorwasserstoffsäure oder die wäfsrige Lösung eines Haloïdsalzes ist.

Haben wir es mit reinem Wasser oder mit der wäfsrigen Lösung einer Sauerstoffsäure zu thun, so erscheint an dem positiven Pole nur Sauerstoff, und dieser verhält sich gegen Wasser in Volta'scher Hinsicht völlig indifferent. Es kann daher auch eine wäfsrige Lösung desselben mit reinem Wasser keine wirksame Kette bilden.

Nun entwickelt sich aber, wie diefs in meiner Abhandlung über den elektrischen Geruch angegeben ist, an der positiven Elektrode während der Elektrolyse des Wassers aufser dem Sauerstoffe noch eine gasförmige Materie (das Ozon) welche in ihren elektromotorischen Eigenschaften die gröfste Aehnlichkeit mit den Salzbildnern besitzt, d. h. welche nach der Sprache der Elektrochemiker eminent elektro-negativ ist. Wie kommt es nun, dafs das reine Wasser, welches mit dem positiven Pol einer Säule in Berührung gestanden hat, nicht negativ polarisirt wird, wie diefs mit der Salzsäure unter den gleichen Umständen der Fall ist? Es sollte jene Flüssigkeit freies Ozon enthalten, wie die letztgenannte Säure freies Chlor enthält, und also auch gegen gewöhnliches Wasser negativ sich verhalten. Hierauf ist zu sagen, dafs das riechende elektro negative Princip in äufserst geringer Menge im Wasser vorhanden, und in freiem Zustande in dieser Flüssigkeit schwerer löslich ist, als es Chlor und Brom z. B. sind. Es kann daher der Theil des Wassers, in welchen die negative Elektrode getaucht hat, auch nur sehr schwache Spuren der fraglichen Materie aufgelöst enthalten, und somit nur äufserst schwach elektromotorisch wirken.

Dafs die gegebene Erklärung die richtige seyn dürfte, scheint aus folgendem Umstande zu erhellen. Wird in eine verhältnifsmäfsig grofse Flasche, gefüllt mit dem am positiven Pole sich entwickelnden riechenden Princip, eine kleine Menge reinen Wassers gegossen und dieses längere Zeit mit dem Inhalte des Gefäfses geschüttelt, so erhält man eine Flüssigkeit, die sich gegen reines Wasser gerade so in Volta'scher Hinsicht verhält, wie eine wäfsrige Chlorlösung gegen Wasser. Da nun eine wäfsrige Sauerstofflösung gegen reines Wasser Volta'sch indifferent ist, so kann jene Lösung ihren elektromotorischen Charakter einzig dem in ihr aufgelösten elektro-negativen Princip (dem Ozon) verdanken, und besitzt sie ein merk-

liches elektromotorisches Vermögen deshalb, weil unter den angeführten Umständen das Wasser so viel Ozon aufnimmt, als es nur immer aufnehmen kann. Ich muſs indessen bemerken, daſs reines Wasser, wie lange man es auch mit der riechenden gasförmigen Materie schütteln mag, doch immer nur eine schwache negative Polarität erlangt.

Fassen wir nun das bisher Besprochene kurz zusammen, so können wir es in folgenden Sätzen aussprechen:

1) Eine Wasserstofflösung bildet mit reinem Wasser nur dann eine wirksame Kette, wenn dieselbe mit Platin geschlossen wird. Mit andern Metallen, z. B. mit Gold, Silber Kupfer, Eisen etc. liefert sie keinen Strom.

2) Reines Wasser oder mit einer Sauerstoffsäure versetztes Wasser, durch welches der Strom einer Säule gegangen, erscheint nur dann polarisirt oder liefert einen secundären Strom, wenn die beiden Portionen dieser Flüssigkeit, welche mit den Polen in Berührung gestanden, durch Platin leitend verbunden werden. Mit andern Metallen erhält man keinen Strom.

3) In dem letzteren Falle trägt nur derjenige Theil der elektrolytischen Flüssigkeit zur Stromerregung bei, welcher mit dem negativen Pol communicirt hat.

4) Unter den angeführten Umständen geht der Strom von der Wasserstofflösung zum reinen Wasser, von dem Theil der Flüssigkeit, in welchen die negative Elektrode getaucht hat, zu demjenigen, in welchem die positive Elektrode gestanden.

5) Der fragliche Strom hat seinen Grund wahrscheinlich in Wasserstoffsuboxyd, welches sich aus Wasser und Wasserstoff unter dem Einfluſs des Platins bildet.

6) Die negativen Metallelektroden, welche in die genannten oxyelektrolytischen Flüssigkeiten eingetaucht haben, verdanken den unter diesen Umständen erlangten positiven polaren Zustand wahrscheinlich einer sie umgebenden Hülle von Wasserstoffsuboxyd.

7) Die negative Polarität, welche die positiven Elektroden (Gold und Platin) in den gleichen Flüssigkeiten erlangen, scheint von einer Hülle Ozones herzurühren.

8) Die negative Polarität, welche ein Strom in Salzsäure, Bromwasserstoffsäure oder in der wäfsrigen Lösung irgend eines halogenhaltigen Elektrolyten hervorruft, rührt von freigewordenem Chlor, Brom, oder irgend einem andern Salzbildner her.

9) Die negative Polarität, welche Gold oder Platin als positiver Pol in den elektrolytischen Flüssigkeiten der letztgenannten Art annimmt, hat ihren Grund ebenfalls in einer Hülle von freiem Chlor, Brom oder irgend einem Salzbildner.

(Schlufs im nächsten Heft.)

XI. *Ueber einen Versuch des Hrn. Daniell und die daraus gezogene Folgerung; von J. C. Poggendorff.*

(Mit einigen Zusätzen aus dem Monatsbericht der Academie, Maistück.)

Der Versuch, auf den ich für eine Weile die Aufmerksamkeit zu lenken wünsche, ist von Hrn. Daniell im Laufe seiner schönen Untersuchung über die Elektrolyse secundärer Verbindungen angestellt worden, hat übrigens weiter keinen Zusammenhang mit derselben [1]). Zum Behufe dieser Untersuchung hatte Hr. D. eine nach seinem Princip construirte Batterie von zehn Zellen benutzt. Da kam er auf den Gedanken aus drei derselben die amalgamirten *Zinkstäbe* fortzunehmen und durch amalgamirte *Zinnstäbe* zu ersetzen. Er maafs die Stromstärke

1) Man wird diese Untersuchung in dem baldigst erscheinenden vierten Ergänzungsheft, S. 365 und 590 mitgetheilt finden. P.

der Batterie durch ein eingeschaltetes Voltameter, und erhielt 25 Kbzoll Knallgas in einer Stunde. Jetzt entfernte er die mit Zinnstäben versehenen Zellen, und verband das Voltameter bloſs mit den rückständigen sieben Zink-Kupfer-Zellen. Zu seiner Verwunderung war nun der Strom über sieben Mal stärker; denn jetzt bekam er die genannte Gasmenge innerhalb acht Minuten.

Dann setzt er hinzu: »Ich kann nicht umhin zu bemerken, daſs dieſs ein Resultat ist, welches die Anhänger der Contacttheorie schwerlich mit ihren Grundsätzen zu vereinigen wissen werden. Nach ihren Ansichten ist die elektromotorische Kraft von Zinn-Kupfer sehr wenig, wenn überhaupt, kleiner als die von Zink-Kupfer; überdieſs ist der Widerstand aller Theile der Batterie derselbe, und dennoch hatte der Zusatz einiger Zinn-Kupfer-Zellen keine Verstärkung, sondern eine fast gänzliche Vernichtung des Stroms zur Folge.«

Ich weiſs nicht, woher Hr. D. die Kenntniſs hat, daſs die elektromotorische Kraft von Zinn-Kupfer fast eben so groſs sey als die von Zink-Kupfer. Er giebt darüber keinen Beweis. Auch sehe ich nicht ein, warum, wenn dieſs der Fall wäre, daraus bloſs ein Einwand gegen die Contacttheorie hervorginge; ich sollte meinen, die chemische Theorie hätte dabei mit gleicher, wenn nicht gröſserer Schwierigkeit zu kämpfen, denn Zinn ist doch in verdünnter Schwefelsäure minder leicht oxydirbar als Zink, und müſste also auch nach dieser Theorie weniger Elektricität liefern als letzteres Metall. Ueberdieſs hat uns Hr. D. keine Erklärung des Versuchs im Sinne der von ihm vertheidigten Theorie geliefert; dieser steht also noch als Paradoxon da.

Meiner Ansicht nach hat der erwähnte Versuch für die Frage über den Ursprung der Volta'schen Elektricität gar keine Bedeutung; aber er ist in anderer Hinsicht interessant. Einmal nämlich gehört der Fall zu denen, die eine wirkliche Messung erlauben, und dann ist es

eben dadurch möglich, die Uebereinstimmung desselben mit der wahren Theorie des Voltaismus zu prüfen, d. h. mit derjenigen, welche nicht die Herkunft der elektrischen Ströme, sondern die Gesetze derselben zum Gegenstande hat. Eine Wiederholung und Prüfung des Daniell'schen Versuchs in diesem Sinne schien mir daher nicht ohne Nutzen zu seyn.

Demgemäfs construirte ich Ketten zweierlei Art, die einen aus Kupfer und *amalgamirtem Zink*, die anderen Kupfer und *amalgamirtem Zinn*, beide mit ihrem Kupfer in gesättigter Kupfervitriol-Lösung, mit ihrem positiven Metall in verdünnter Schwefelsäure, die 0,1 ihres Gewichts an concentrirter Säure enthielt und von der andern Flüssigkeit durch ein poröses Thongefäfs getrennt war. Diese Ketten, deren Platten, beiläufig gesagt, 1 Zoll breit, $2\frac{1}{2}$ Zoll tief eingetaucht und $\frac{3}{4}$ Zoll auseinander waren, wurden einzeln und zur Säule combinirt auf ihre Elemente untersucht, um zu sehen 1) welchen Werth die elektromotorische Kraft einer jeden habe, und 2) ob das Gesetz der Säule, demgemäfs die elektromotorische Kraft und der Widerstand dieser respective gleich seyn mufs der Summe der elektromotorischen Kräfte und der der Widerstände der sie zusammensetzenden Ketten, sich auch für den vorliegenden Fall bewähren würde.

Unter mehren, nach solchem Plane gemachten Versuchen mögen hier folgende drei eine Stelle finden:

	Außerwesentl. Widerstand.	Stromstärke.	Wesentl. Widerstand.	Elektromotor. Kraft.
Erster Versuch.				
Eine Zinn-Kupfer-Kette				
	26,27 36,27	sin 8° 51′ sin 7 19	21,80	7,40
Eine Zink-Kupfer-Kette				
	26,27 36,27	sin 18° 58′ sin 15 2	13,25	12,84
Säule daraus, Theorie			35,05	20,24
dito - Erfahrung				
	26,27 36,27	sin 19° 50′ sin 16 54	33,57	20,30
Zweiter Versuch.				
Eine Zinn-Kupfer-Kette				
	26,27 36,27	sin 9° 19′ sin 7 33	16,81	6,97
Eine Zink-Kupfer-Kette				
	26,27 36,27	sin 18° 1 sin 14 36	17,78	13,62
Säule daraus, Theorie			34,59	20,59
- - Erfahrung				
	26,27 36,27	sin 20° 9′ sin 17 5	31,65	19,95
Dritter Versuch.				
Eine Zinn-Kupfer-Kette				
	26,27 36,27	sin 9° 40′ sin 7 44	14,08	6,77
Zwei Zink-Kupfer-Ketten				
	26,27 36,27	sin 28° 42 sin 23 54	27,69	25,91
Säule daraus, Theorie			41,77	32,68
- - Erfahrung				
	26,27 36,27	sin 29° 15′ sin 25 9	40,52	32,63

Wie man sieht sind die erhaltenen Resultate nicht frei von Anomalien; die Werthe der Kräfte und Widerstände schwanken merklich von einem Versuch zum andern; und eben so ist die Summe dieser Elemente bei den einzelnen Ketten verglichen mit den Elementen der Säule meistens immer etwas größser als sie seyn sollte; allein dennoch sind die Anomalien, die sehr wahrscheinlich im Zinn ihre Ursache haben [1]), nicht so bedeutend, daſs ich mich nicht mit vollem Rechte zu den beiden Schlüssen befugt halten sollte:

1) *Daſs die elektromotorische Kraft von Zinn-Kupfer in den angegebenen Flüssigkeiten keineswegs der vom Zink-Kupfer gleich ist, sondern nur etwa halb so viel beträgt;*

2) *Daſs das Gesetz der Säule auch bei diesen Ketten mit solcher Annäherung erfüllt wird, daſs die*

1) Wovon diese Schwankungen und Abweichungen herrühren, ist auszumitteln mir nicht vollkommen geglückt, doch glaube ich nicht zu irren, wenn ich sie dem Zinn zuschreibe. Das Zinn nämlich, wenn es durch den Strom oxydirt wird, bekleidet sich mit einer Oxydschicht, die nicht, wie beim Zink, von der Schwefelsäure aufgelöst wird, sondern auf dem Metalle haften bleibt, und fortwährend, so lange man den Strom unterhält, an Dicke zunimmt. Dadurch entstehen ähnliche Erscheinungen, wie die, welche man mit dem vieldeutigen Namen *Polarisation* belegt hat. Auf kurze Zeit, auf halbe Stunden und länger, giebt die Zinn-Kette einen recht constanten Strom, und, selbst bei sehr verschiedenen Widerständen (ich wandte successiv Drahtlängen von 7 bis 47 Zoll Neusilber von ⅓ Lin. Durchmesser an), zuweilen sehr nahe dieselben Werthe für die elektromotorische Kraft. Aber zu andern Zeiten stellen sich anomale Sprünge ein, und im Allgemeinen bekommt man desto geringere Werthe für die elektromotorische Kraft je länger man, auch bei ungeschlossener Kette, das Zinn in der Säure stehen läſst. Könnte man die Oberfläche des Zinns unverändert in ihrem anfänglichen Zustand erhalten, so bin ich gewiſs, würden alle diese Anomalien verschwinden. Daſs übrigens die Widerstände der einzelnen Ketten von einem Versuch zum andern nicht immer gleich waren, hat einfach seinen Grund darin, daſs auf die Gleichheit der Dimensionen, als eine für diese Untersuchung auſserwesentliche Sache, nicht streng gesehen wurde.

Abweichungen davon nur Nebenumständen zugeschrieben werden können.

Es fragt sich nun wohl, in wiefern aus den obigen Resultaten eine Erklärung der von Hrn. Daniell beobachteten Erscheinung hervorgehe. Bei keinem der angeführten Versuche hatte die Hinzufügung der Zinn-Kette eine *Schwächung* des Stroms zur Folge, selbst nicht bei dem letzten, wo doch das Verhältniſs in der Anzahl der Zink- und Zinn-Ketten das von 2 : 1 war, also dem beim Daniell'schen Versuch von 7 : 3 sehr nahe kam. Diese Erscheinung kann indeſs nicht befremden; sie hat lediglich ihren Grund in der Gröſse des zum Behufe der Messung eingeschalteten Widerstands, der, den Draht der Sinusbussole mit eingeschlossen, im Minimo immer der eines 26,27 Zoll langen Neusilberdrahts von $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser war. Bei kleinerem Werthe dieses Widerstandes würden die angeführten Versuche unfehlbar eine Stromschwächung dargeboten haben. Man sieht dieſs namentlich aus dem letzten Versuch.

Angenommen, der hinzugefügte, auſserwesentliche Widerstand wäre Null gewesen; dann würde die Stromstärke betragen haben:

$$\text{ohne Zinnkette} = \frac{25,91}{27,69} = 0,9357$$

$$\text{mit derselben} = \frac{32,63}{40,52} = 0,8053$$

also würde eine Schwächung des Stroms im Verhältniſs 100 : 86 eingetreten seyn.

Aber dieſs Verhältniſs bleibt weit unter dem von 15 : 2, welches Hr. D. beobachtete, obwohl, wie gesagt, die Anzahl der Ketten beiderlei Art bei seinem und meinem Versuch so ziemlich dieselbe war. Woher dieser auſserordentliche Unterschied zwischen beiden Resultaten ist mir unbegreiflich; schon ein ganz roher Ueberschlag lehrt, daſs eine gewöhnliche Erklärung dabei nicht ausreicht.

Angenommen nämlich, was Hr. D. auch annimmt,

und überdiefs aus dem letzten meiner Versuche annähernd hervorgeht, dafs, bei Gleichheit der Dimensionen, der Widerstand in den Ketten beider Art gleich sey. Dann würde, wenn man einmal eine Säule aus sieben *Zink-Kupfer*-Ketten, und das andere Mal eine aus sieben *Zink*- und drei *Zinn*-Ketten hätte, und die elektromotorischen Kräfte beiderlei Ketten respective mit a und b, so wie den wesentlichen Widerstand mit x bezeichnete, das Verhältnifs der Stromstärken in beiden Fällen seyn:

$$\frac{7a}{7x} \cdot \frac{10x}{7a+3b} = \frac{10a}{7a+3b}.$$

Selbst, wenn man $b=0$ setzte, würde diefs Verhältnifs nur $=\frac{10}{7}$, also noch lange nicht $=7\frac{1}{2}$ seyn, wie Hr. D. beobachtete. Man könnte b sogar *negativ* nehmen, und würde doch noch nicht auf diesen Werth gelangen.

Es müssen demnach bei dem Versuch des Hrn. D. ganz ungewöhnliche Umstände stattgefunden haben, Umstände, über die nur er allein genügende Auskunft zu geben vermag [1]). Sehr zu wünschen wäre daher, dafs der verdienstvolle Urheber der constanten Säulen sich zu einer Wiederholung seines — nur einmal angestellten — Versuchs entschliefsen, und dabei die Messung der Stromstärke mit einem zu solchem Behufe weniger untauglichen Instrumente, als das Voltameter ist, vornehmen wollte. Ich kann, nach der Gesammtheit meiner Messungen, die kein der Theorie widersprechendes Resultat geliefert haben, nicht anders glauben, als dafs auch er alsdann die beobachtete Anomalie verschwinden sehen würde.

1) Möglicherweise könnte die Ursache des Unterschiedes darin liegen, dafs sich auf dem Zinn eine dicke Lage Oxyd gebildet hatte; möglich sage ich, denn da Hr. D. Stäbe anwandte, die gegen die Kupfercylinder eine relativ kleine Oberfläche darboten, so war an ihnen der Strom sehr dicht, offenbar viel dichter als bei meinen Versuchen, wo Zinn und Kupfer gleiche grofse Oberflächen besafsen.

XII. *Ueber die Elasticität starrer Körper;* *von Hrn. A. Masson.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. III p.* 451. Mit einigen Abkürzungen.)

Der Zweck einer Arbeit, deren erster Theil hier übergeben wird, besteht in einer abermaligen Untersuchung der Extensionen und Compressionen starrer Körper, in dem Studium der Wirkung der Wärme, Elektricität etc. auf Körper, die Kräften unterworfen sind, welche die Theilchen aus- oder aneinander zu bringen suchen, endlich in dem Vergleich der von der Erfahrung gelieferten Resultate mit denen der Rechnung. Indem ich gegenwärtig nur eine kleine Zahl der von mir entdeckten Thatsachen veröffentliche, wollte ich blofs die Wichtigkeit dieser Art von Untersuchungen zeigen, und mir die Früchte einer Arbeit sichern, die mir schon viel Mühe und Zeit gekostet hat.

Ich habe zunächst die Stäbe untersucht, deren Savart sich bei seinen schönen *Untersuchungen über die Longitudinal-Schwingungen* bedient hat [1]). Es schien mir wichtig zu wissen, welche Modificationen etwa die Zeit in der Structur dieser Stäbe hervorgebracht habe. Ich experimentirte mit dem Messing, Stahl und Eisen, die in der Tafel p. 397 der erwähnten Abhandlung aufgeführt worden. Bei Anwendung derselben Mefsmittel erhielt ich die Resultate, die neben denen Savart's in folgender Tafel aufgestellt sind.

1) *Annal. de chim. T. LXV p.* 337.

Kilogr.	Länge.	Verlängerung.	Länge.	Verlängerung.	Länge.	Verlängerung.	Länge.	Verlängerung.
	[illegible]		[illegible]		Savart.		Masson.	
	Messing.				Eisen.			
0	[illegible]		955.44		950.500		964.50	
5	950.20	9	955.504	6.4	950.54	4	964.544	4.4
10	950.27	7	955.60	9.6	950.57	3	964.54	1.6
15	[illegible]	7	955.64	4	950.60	3	964.62	6
20	951.12	9	955.736	9.6	950.62	2	964.636	1.6
25	951.20	9	955.76	3.4	950.65	3	964.67	3.4
30	951.27	7	955.92	1.6	950.68	3	964.72[1]	5
35			955.95	3				
Mittl. Verl.		7,31		7,29		3		3,66
	Stahl.				Kupfer.			
0	950.25		955,96	4	950,53			
5	950.29	4	956,00	4,6	950,59	6		
10	950,31	5	956,046	3,4	950,65	6		
15	950,35	4	956.08	4,6	950,71	6		
20	950,41	3	956,126		950,77	6		
25	950,46	5			950,84	7		
30	950,50	4			950,90	6		
Mittl. Verl.		4,17		4,15		6,17		

Aus dieser Tafel ersieht man, dafs die starren Körper sich nicht stetig, sondern sprungweise verlängern, eine Erscheinung, die man auch bei der Ausdehnung durch Wärme beobachtet. Der grofse Unterschied zwischen Savart's und meinen Resultaten hinsichtlich der Messing- und Eisenstäbe liefs mich anfangs fürchten, dafs die Versuche Schwierigkeiten haben würden, die ich trotz der Sorgfalt, mehrmals die Versuche zu wiederholen, nicht überwinden könnte. Allein die Messungen an Eisen- und Stahlstäben, so wie die Mittheilung von Savart, dafs er die unstetigen Verlängerungen oft beobachtet habe und als ein der Natur der Körper inwohnendes Phäno-

1) Vier und zwanzig Stunden später, bei derselben Temperatur, fand man 974,62; nun abermals mit 5 Kilogrm. belastet, schwankte die Verlängerung innerhalb einer halben Stunde nicht merklich.

men betrachte, beruhigten mich wieder. In der That kann man aus p. 387 und 388 seiner Abhandlung ersehen, dafs er in den Verlängerungen denselben Gang beobachtet hat. Wahrscheinlich haben die Theilchen der von mir abermals untersuchten Stäbe mit der Zeit eine neue Anordnung erlitten, welche auf die mittlere Elasticität und die Geschwindigkeit des Schalls keinen Einfluſs hatte.

Die Körpertheilchen scheinen demnach unter Wirkung einer Zugkraft ihre Lage plötzlich aufzugeben, um in einen anderen, von der Stärke dieser Kraft abhängigen, Gleichgewichtszustand überzugehen, den sie erst nach einer mehr oder weniger langen Zeit erreichen.

Wenn man während dieser Bewegung die Kraft verstärkt, so kann diese gröfser werden als nöthig ist für das Gleichgewicht in der Lage, welche die Theilchen ohne die Verstärkung der Kraft angenommen haben würden; sie überschreiten alsdann rasch diese Lage, und gehen langsam auf eine andere zu, wo sie eine mehr oder weniger lange Zeit bleiben.

Savart glaubte nicht, dafs es ein stabiles Gleichgewicht für die Theilchen starrer Körper gäbe, vielmehr dafs diese sich unter der Wirkung von Zugkräften in's Unbegränzte von einander entfernen müfsten, und daher Stäbe bei Belastung mit Gewichte sich zu Fäden ausziehen würden. Mir scheinen indefs alte Bauwerke zu beweisen, dafs es für gegebene Spannungen entsprechende Gränz-Verlängerungen gebe, und ich habe daher einige Versuche in dieser Beziehung gemacht; wenn diese auch keine hinlänglich lange Dauer hatten, so scheinen sie mir doch die Idee einer Elasticitätsgränze zu bestätigen.

Ich nahm zwei neue Stäbchen, eins von Kupfer und eins von Zink, belastete sie successiv mit verschiedenen sehr kleinen Gewichten und erhielt so folgende Resultate:

Belastung. Kilogrm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verlängerung. Millm. Kupfer.	2	4	1	0	0[1])	5	0	0	0	0	4	0
Verlängerung. Millim. Zink.	0,0016	0,004	0,2	0,07	0,01	0,01	0,05	0,09		0,36[2])	0,06	0,07

Mittlere Verlängerung des Kupfers = 0,65.

Das Zink beginnt unter geringen Belastungen zu fädeln, und folglich liegt seine Elasticitätsgränze wenig entfernt vom Ausgangspunkt. Diefs hat mich verhindert in der Bestimmung seines Elasticitätscoëfficienten genaue Resultate zu erhalten. Bei allen Versuchen über das Ausziehen ist es nothwendig, das Stäbchen lange Zeit unter dem Einflufs der letzten Belastung zu lassen, und sich zu versichern, dafs die Verlängerung sich nicht ändere. In der That könnte man der Wirkung dieser Belastung einen Effect zuschreiben, welcher das Resultat einer continuirlichen Verlängerung wäre, und könnte somit grofse Fehler hinsichtlich der Elasticitätscoëfficienten begehen.

Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten starrer Körper.

Bei der Messung von Ausziehungen, die Savart veröffentlichte, hatte derselbe den Zweck, den Längenunterschied der bei Longitunal-Schwingungen von Stäben zwischen zwei Knotenlinien liegenden Stücken zu erklären, einen Unterschied, welcher, wie er gefunden, von

1) Man liefs das Kupferstäbchen zwei Tage lang mit 5 Kilogrm. belastet; es veränderte sich nicht, und erlitt darauf für jedes Kilogrm. mehr eine Verlängerung von 0,05 Millimeter.

2) Diese Verlängerung 0,36 wurde nach 24stündiger Belastung mit 10 Kilogrm. gemessen; das Stäbchen hatte sich folglich in 24 Stunden um 0,029 Millimet. verlängert; darauf begann es sich continuirlich auszufädeln. — Ein anderes Zinkstäbchen von gleichem Durchmesser, mit 4 Kilogrm. belastet, veränderte sich in 24 Stunden, um 0,08 Millimeter.

von ungleicher Ausdehnbarkeit der verschiedenen Theile dieser Stäbe herrührt. Indem ich auf seinen Rath diese Untersuchungen wiederholte, wollte ich alle Elemente bestimmen, welche die Wissenschaft zur Aufstellung der Elasticitätsgesetze starrer Körper nöthig hat. Als Elasticitätscoëfficienten nehme ich in dieser Arbeit die Verlängerung, die ein Stab von der Längeneinheit und Querschnitteinheit, belastet mit der Gewichtseinheit, erfährt. Diese Zahl wird ausgedrückt, wie man sehen wird, durch die Verlängerung, welche ein der Einheit gleicher Stab unter Belastung mit seinem eigenen Gewichte annimmt. Um diese Coëfficienten zu erhalten, mufste man die Dichtigkeit der geprüften Stäbe bestimmen. Alle Resultate meiner Untersuchungen sind in den folgenden Tafeln enthalten.

	Gesammte Länge.	Durchmesser		Gewicht.	Verdrängt Wasser.	Dichte.	Temp.
		gemess.	berechn.				
	m.	mm.	mm.	grm.	grm.		°R.
Kupfer	1,319	2,77	2,79	71,925	8,060	8,913	1
Stahl	1,3184	2,77	2,79	62,625	8,070	7,75	2
Messing	1,3165	2,90	2,98	77,525	9,195	8,42	2
Eisen	1,315	2,90	2,98	70,865	9,155	7,73	2
Zink	1,039	3,12	3,10	55,665	7,815	7,1149	3

Verlängerung für 5 Kilogrm.

	Gemessene Längen		Verlängerung.			
			Gemessen.		Berechnet.	
	S.	M.	S.	M.	S.	M.
Kupfer	950,53		6,166		5,17	3,93
Stahl	950,25	955,96	4,166	4,15	3,81	6,456
Messing	950,82	958,44	7,51	7,28	6,40	3,44
Eisen	950,50	964,50	3	3,66	3,39	5,57
Zink		948,07		7,10		

Elasticitäts-Coëfficienten
in Zehn-Millionteln ihres Werths.

		Gemessen.	Berechnet.	Werth von [illegible]	
	a.	M.	S.	S	M.
Kupfer	7,07		5,93	11,685	
Stahl	4,16	4,03	3,61	10,695	10,35
Messing	9,20	5,95	7,93	11,583	11,05
Eisen	3,4	4,05	3,54	6,65	10,13
Zink		5,02	6,20		12,855

Akustische Resultate.

	Erzeugte Töne.	Schallgeschwindigkeit, die in der Luft = 1.
Kupfer	Sol$_5$	12,21
Stahl	Si$_5$	15,22
Messing	Mi#$_5$	10,56
Eisen	Si	15,17
Zink	Si$_5$??	11,55

Ich habe mich zu dieser Arbeit der aus den Dichtigkeiten berechneten Durchmesser bedient, da sie mir genauer zu seyn schienen. Der kleinste Fehler in der directen Messung würde in dem Gewichte Unterschiede von mehren Grammen erzeugt haben, die nicht aus einer schlechten Wägung entspringen konnten, da die Wagen noch für 0,5 Centigramm empfindlich waren. Ueberdiefs habe ich mich überzeugt, dafs in der directen Messung der Messing- und Eisenstäbe ein Fehler begangen, ihr Durchmesser viel zu gering geschätzt worden war.

Durch Analyse hat man gefunden, dafs man, wenn man den Elasticitätscoëfficienten eines Stabes mit dem Quadrat der Schallgeschwindigkeit in demselben multiplicirt, eine constante Zahl erhält, welche die Intensität der Schwerkraft vorstellt. Bei Ausführung dieser Rechnungen erhielt ich Zahlen, die diesem Gesetz so nahe kamen, dafs man dasselbe als hinreichend genau betrach-



ten kann. Die Verlängerungen, welche Erfahrung und Rechnung geben, weichen nur um einige Tausendtel-Millimeter ab, und es ist fast unmöglich bei den Versuchen für so kleine Fehler einzustehen. Mithin wird eins der nützlichsten Gesetze der Mechanik von der Erfahrung bestätigt.

Einflufs der Temperatur auf die Elasticität.

Da ich bisher noch nicht im Stande war, Körper solchen hohen Temperaturen auszusetzen, wie ich ich es wünschte, so begnüge ich mich zu sagen, dafs ich, innerhalb der bisherigen Gränzen meiner Versuche, d. h. zwischen -4° und $+20^{\circ}$, keinen Unterschied in dem Verhältnisse der Verlängerungen gefunden habe. Die Elasticität wird also durch die Wärme nicht merklich verändert.

Einflufs der Härtung auf die Elasticität.

Die Härtung scheint keinen Einflufs auf die Elasticität auszuüben, wie schon Coulomb bei seinen Versuchen über die Torsion und Beugung von Stäbchen gefunden hat. Ich nahm eine Uhrfeder und maafs ihre Verlängerung, dann enthärtete ich sie und wiederholte den Versuch. Dabei erhielt ich unter successiven Belastungen von 4 Kilogrm. folgende Resultate:

Gehärtete Feder	0	1,4	12,2	8,4	4,8	0		12,4	6,6
Enthärtete -	0	0	0	12	13,6	9	5	11	8	4.

Die mittlere Verlängerung für 1 Kilogrm. ist:

Gehärtete Feder	1,630 Centimet.
Enthärtete -	1,739 -

Von der Härte.

Eisen, gehärteter und enthärteter Stahl zeigen keinen merklichen Unterschied in der Elasticität. Anders verhält es sich, wenn man ihre Härte untersucht. Zink, das die drei eben genannten Substanzen an Elasticität

weit übertrifft, ist doch viel weicher als sie. Aus der bloßen Elasticität der Körper kann man also nichts hinsichtlich ihrer Härte folgern. Nimmt man an, daſs letztere Eigenschaft mit der Elasticitätsgränze innig verknüpft sey, so kann man den Unterschied zwischen gehärtetem Stahl, der so leicht bricht, und dem blau angelassenen Stahl, der sich, ohne zu brechen, biegen läſst, nicht erklären. Ich habe nun gesucht, diese verschiedenen Eigenschaften bei Stahlsorten in verschiedenen Zuständen zu studiren, habe aber davon abstehen müssen wegen der Schwierigkeiten, Stahlstäbe von einiger Länge zu härten, ohne sie zu entstalten, oder Drähte von einiger Länge zu handhaben, ohne sie zu zerbrechen.

Verhältniſs zwischen der Elasticität starrer Körper und ihrem Atomgewicht.

Multiplicirt man den Elasticitätscoëfficienten eines einfachen Körpers mit einem Multiplum oder Submultiplum seines Aequivalents, so erhält man eine constante Zahl. Auffallend ist dieses Resultat beim Zink, Kupfer und Eisen. Obgleich ich diese Thatsache nur dem Zufall zuschreibe, so glaube ich sie doch angeben zu müssen, weil man, bei so schwierigen und so wenig vorgerückten Forschungen, wie die der Molecular-Physik, keine Angabe, die von Werth seyn könnte, vernachlässigen darf.

Producte der Elasticitäten in die Atomgewichte.

Eisen	$0,384 \times 2 \times 3,39 = 2,63$
Kupfer	$0,593 \times 4,03 = 2,39$
Zink	$0,063 \times 3,95 = 2,48.$

Nimmt man für Zinn und Kupfer die von Chladni gegebenen Schallgeschwindigkeiten an, so erhält man:

	Schallgeschwindigk., die der Luft = 1.	Elasticitätscoëfficient.	Product derselben in die Aequivalent.
Zinn	7,5	15,725	$15,725 \times \frac{1}{5}(7,35) = 2,31$
Silber	9,0	1,092	$1,092 \times \frac{1}{3}(6,75) = 2,45$

Seitdem ich der Academie diese Abhandlung übergeben, habe ich die Schallgeschwindigkeit im Zinn abermals bestimmt, auch die im Blei dazu. Hr. N. Savart, der die Güte hatte mich dabei zu unterstützen, bediente sich dazu der Stimmgabel, mit welcher sein Bruder beständig die Schallgeschwindigkeiten bestimmt hatte. Die Resultate waren folgende.

Zinn.

Das angewandte war das im Handel unter dem Namen Körnerzinn bekannte, welches für das reinste gilt.

Nachdem es lange kalt geschmiedet und dann ausgewalzt worden ist, erhält man es so weich wie Blei und sehr homogen; es zeigt kein krystallinisches Gefüge und *knistert nicht beim Biegen* [1]). Der Charakter des Zinns verschwindet also gänzlich, wenn man durch hinlänglich fortgesetztes Schmieden und Walzen (*corroyages*) sein krystallinisches Gefüge zerstört hat. Die Stäbe, welche ich hatte durch den Drahtzug gehen lassen, besafsen etwa 3 Millim. Durchmesser und keine Consistenz. Sie unterschieden sich in dieser Beziehung nicht von Bleistäben gleichen Durchmessers.

	Länge.	Töne.	Schallgeschwindigkeit, die in der Luft = 1.
Stab No. 1	0m,70	si^{b}_{5} +	7,79
- - 2	0 ,71	si^{b}_{5} —	7,84
- - 3	1 ,15	re_{6}	7,9654.
- - 4	1 ,15	re_{6}	

Die Schallgeschwindigkeit wächst also mit der Länge der Stäbe. Diefs scheint anzudeuten, dafs für starre Säu-

1) Diefs ist eine den Zinnarbeitern nicht unbekannte Thatsache. Ich selbst besitze, zu galvanischen Versuchen, schon seit einigen Jahren Platten von über einer Linie Dicke, die aus einem gewalzten Streifen des reinsten Zinns geschnitten sind, und beim Biegen durchaus nicht knistern. P.

len, wie für gasige, das Gesetz der Längenschwingungen nur richtig ist, wenn die Länge der Stäbe sehr grofs ist, in Bezug auf ihre Breite. Nimmt man die letzte Schallgeschwindigkeit, so giebt die Rechnung für den Elasticitätscoëfficienten des Zinns $\frac{g}{v^2} = 14,103$.

B l e i.

Ich gebrauchte das zu Silberproben dienende arme Blei, und liefs Stäbe von 3 Millim. Durchmesser daraus ziehen. Sie hatten keine Consistenz, und es machte viele Mühe sie in Schwingung zu versetzen. Indefs sind die Töne, welche sie geben, recht scharf und sehr leicht wahrzunehmen.

	Länge.	Töne.	Schallgeschwindigkeit, die in der Luft = 1.
Stab No. 1	0m,70	ut_5 $\frac{80}{81}$	4,2560
- - 2	0 ,67	$ut\sharp_5$ $\frac{80}{81}$	4,2439
- - 3	1 ,15	$mi_4 \surd \frac{24}{25}$	4,3348.

Mithin nimmt die Schallgeschwindigkeit mit der Länge zu, wie beim Zinn. Der berechnete Coëfficient ist $\frac{g}{v^2} = 48,826$.

Das Blei zeigt die Sonderbarkeit, dafs seine Schallgeschwindigkeit fast der des Wassers gleich ist. Gemeiniglich nimmt man an, dafs die Schallgeschwindigkeit bei starren Körpern gröfser sey als bei Flüssigkeiten, und bei diesen gröfser als bei Gasen. Das Blei ist das erste Beispiel eines starren Körpers, bei welchem die Schallgeschwindigkeit nicht gröfser als bei Flüssigkeiten ist. Die absolute Geschwindigkeit des Schalls in demselben ist = 1443,48 Meter, die im Wasser = 1435 Meter.

XIII. *Ueber die Erscheinungen bei einer freien und der Wirkung der Schwerkraft entzogenen Masse Flüssigkeit; von J. Plateau.*

(Fortsetzung der im vorigen Bande, S. 517, beschriebenen Beobachtungen; aus dem *Bulletin de Bruxelles* vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Der Verf. hat seine neuen Untersuchungen insbesondere auf die Capillarwirkungen gerichtet. Bei seinen neuen Versuchen, die er in einem gröfseren Maafsstabe als die ersten anstellen wollte, traf er anfangs viele Schwierigkeiten an, die hauptsächlich daraus entsprangen, dafs die umgebende Flüssigkeit, welche das Gefäfs und die Röhre füllt, im Moment, wo man letztere eintaucht, bald die Schicht der anderen Flüssigkeit, die das Innere der Röhre benetzt, zu verdrängen sucht. Wenn es z. B. Oel ist, das sich in der Röhre erheben soll, und wenn die Röhre etwas lang ist, so sieht man bald, während des Steigens der flüssigen Säule, die Oelschicht, welche zuvor das Innere der Röhre näfste, sich stellenweise in den von ihr eingenommenen Theil von dieser zurückziehen und sich an gewissen Stellen anhäufen. Alsdann ist die Continuität der Oelschicht unterbrochen und das Steigen hört auf; bisweilen wird die obere Fläche der gehobenen Säule sogar convex und das Oel sinkt langsam wieder herab. Dieser Abbruch in der Continuität ist noch rascher, wenn man den Versuch in umgekehrter Weise anstellt, d. h. wenn es das weingeistige Gemenge ist, welches steigen soll, und wenn demgemäfs das Oel im Gefäfs enthalten ist und dieses die Röhre füllt, im Moment, wo man dieselbe eintaucht. Dann ist es oft sogar unmöglich, einen Anfang von Steigen zu erhalten.

Diese Schwierigkeiten hat der Verf. vollständig gehoben, dadurch, dafs er das Innere der Röhre, wenn

das Oel darin steigen soll, mit einer leichten Schicht von Schmalz überzieht, und, wenn das alkoholische Gemenge steigen soll, mit einer ähnlichen Schicht von arabischem Gummi. Es ist unnöthig hinzuzufügen, dafs man überdiefs zu Anfange des Versuchs das Innere der Röhre im ersten Falle mit dem Oel, im zweiten mit dem Weingeist benetzen müsse. Mit Hülfe dieser Vorsichtsmaafsregeln bleiben die Röhren vollständig benetzt mit ihren respectiven Flüssigkeiten bis zu Ende der Versuche. Und das gilt nicht blofs von Röhren von einem Centimeter und mehr im Durchmesser, und von zehn und einigen Centimetern in Höhe, sondern von Röhren von 15 Millimetern im Durchmesser und 40 Centimetern Höhe.

In Betracht der grofsen Zähigkeit des Oels, woraus ein grofser Anwuchs des Widerstands entspringt, in dem Maafse als die Säule dieser Flüssigkeit sich hebt, hatte der Verf. geglaubt, das Steigen müsse eine Gränze haben, und das bestätigten auch bisher seine Versuche. So stieg, in einer Röhre von 14 Millimeter Durchmesser, das Oel mit verlangsamter Bewegung bis zur Höhe von 26 Centimetern, und dann blieb es stehen, obwohl das Rohr viel länger war.

Als er indefs den andern Fall, das Steigen des weingeistigen Gemenges, theoretisch untersuchte und alle in diesem Falle wirkende Kräfte in Erwägung nahm, kam er zu dem entgegengesetzten Schlufs, dafs in diesem Fall das Steigen der Flüssigkeit nicht nur keine Gränze haben dürfe, sondern auch mit beschleunigter Bewegung erfolgen müsse. Diese Voraussicht ist vollkommen von der Erfahrung bestätigt worden. Hier einige der erhaltenen Resultate. Die Zahlen sind die Zeiten, welche der Scheitel der Säule gebrauchte, um beim Steigen successiv eine Strecke von einem halben Decimeter zu durchlaufen.

Mit einer Röhre von einem Centimeter innerem Durchmesser und vierzig Centimetern Länge:

1. Halb. Decimet.	82"	5. Halb. Decimet.	56"
2. - -	75	6. - -	52
3. - -	69	7. - -	48
4. - -	62	8. - -	47.

Mit einer Röhre von demselben Durchmesser aber halber Länge:

1. Halb. Decimet.	42"	3. Halb. Decimet.	19"
2. - -	29	4. - -	13

Mit einer Röhre von 15 Millimet. innerem Durchmesser und 40 Centimet. Länge:

1. Halb. Decimet.	54"	5. Halb. Decimet.	42"
2. - -	48	6. - -	41
3. - -	46	7. - -	39
4. - -	43	8. - -	37.

Der Mangel eines Zählers hat dem Verf. nicht erlaubt, Bruchtheile von Secunden zu beobachten, und daher sind nur ganze Zahlen gegeben. Der Verf. setzt übrigens diese Beobachtungen fort, um sowohl in Bezug auf den Gang der Bewegung als auf den Einfluſs der Dimensionen der Röhren die genauen Gesetze auszumitteln.

Der Ring, den man durch Rotation einer in Weingeist schwebenden Oelkugel erhält, erinnert natürlich an den Saturnsring. Daraus entsprang der Wunsch, diese Art von Analogie weiter auszuführen, nämlich den Versuch so abzuändern, daſs man zugleich einen Oelring und mitten darin eine isolirte Oelkugel erhalte. Dem Verfasser ist es gelungen, dieſs zu Stande zu bringen, indem er die Rotationsgeschwindigkeit des kleinen Apparats, welcher die Kugel in Drehung versetzt, weit gröſser macht, und diese Geschwindigkeit auf gewisse Weise abändert. Alsdann löst sich ein Ring ab und mittendrin bleibt eine isolirte Kugel.

XIV. *Versuche über den Siedpunkt des Wassers in Gefäſsen von verschiedener Natur; von Hrn. F. Marcet.*

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago in den *Compt. rend. T. XIV p.* 586.)

Durch Untersuchungen über die Ursache der Veränderungen, welche man im Siedpunkt mehrer Flüssigkeiten bemerkt, wenn sie in Gefäſsen von verschiedener Natur enthalten sind, glaube ich folgende Thatsachen festgestellt zu haben:

1) Der Siedpunkt des destillirten Wassers schwankt in Glaskolben von 100°,20 bis 102° C., je nach den Umständen und besonders nach der Beschaffenheit des Glases In allen Fällen bleibt die Temperatur des Dampfs von dem in Glasgefäſsen siedenden Wasser sehr nahe gleich [1]), und sie ist beständig um einige Hundertel eines Grades niedriger als der Siedpunkt des in einem Metallgefäſs kochenden Wassers [2]).

2) Von welcher Natur auch das angewandte Gefäſs

1) Vergl. Rudberg in den Ann. Bd. XXXIV S. 257 und Bd. XXXV S. 627. *P.*

2) Zu allen diesen Versuchen gebrauchte ich lange und enge cylindrische Gefäſse oder Ballone mit verlängertem Halse. Die Temperatur des Dampfs wurde im Moment seiner Bildung, und wenigstens einen halben Zoll über der Oberfläche der Flüssigkeit genommen. Die Thermometer, deren ich mich bediente, waren von Hrn. Noblet, einem geschickten Künstler unseres Landes, verfertigt; obgleich empfindlich, hatten sie doch so groſse Grade, daſs ich mittelst der Lupe 0,04 derselben ablesen konnte. Ich sah sorgfältig darauf, bei Bestimmung der Temperatur, sey es der Flüssigkeiten oder der Dämpfe, keine der Vorsichtsmaſsregeln zu vernachlässigen, die von den Physikern, die sich mit dergleichen Arbeiten beschäftigt haben, empfohlen worden sind.

seyn mag, so ist die Temperatur des Wasserdampfs doch beständig niedriger als die der siedenden Flüssigkeit, aus welcher er sich erhob. Bei Anwendung von Glasgefäfsen beträgt der Unterschied durchschnittlich 1°,06 C. Bei Metallgefäfsen schwankt er von 0°,15 bis 0°,20. Es giebt nur eine Ausnahme, die nämlich, wenn das Gefäfs, sey es von Glas oder Metall, inwendig mit einer dünnen Schicht von Schwefel, Schellack, oder irgend einer andern, keine merkliche Adhäsion zum Wasser besitzenden Substanz überzogen ist. Nur in diesem Falle schien mir die Temperatur des Dampfs identisch dieselbe zu seyn wie die der Flüssigkeit, welche ihn hergab.

3) In einem Metallgefäfs schien mir nicht, wie man insgemein annimmt, der Siedpunkt des Wassers der möglich niedrigste zu seyn für einen gegebenen Druck der Atmosphäre. Ich habe nämlich bemerkt, dafs wenn man ein Metallgefäfs und selbst einen Glaskolben inwendig mit einer dünnen Schicht Schwefel, Schellack oder irgend einer andern wenig Adhäsion zum Wasser besitzenden Substanz überzieht, der Siedpunkt des in diesem Gefäfse enthaltenen Wassers 0°,20 bis 0°,25 C. niedriger ist als der in einem gewöhnlichen Metallgefäfs.

4) Ich sagte, dafs in Glaskolben der Siedpunkt des Wassers zwischen 100°,25 und 102° C. schwanke. Diefs ist nicht nur vollkommen richtig für Glasgefäfse, wie sie aus der Hand des Glasbläsers hervorgehen, also für noch ungebrauchte. Ich habe nämlich bemerkt, dafs gewisse Flüssigkeiten, die fähig sind, die fast beständig am Glase haftenden Unreinigkeiten zu lösen, durch längeres Verweilen in Glasgefäfsen den Molecularzustand der Oberfläche dieser in gewissen Fällen bis zu dem Grade verändern können, dafs dadurch das Sieden in auffallender Weise verzögert wird.

Nimmt man z. B. einen neuen Ballon oder Kolben von dünnem grünen Glase, in welchem das Sieden ungefähr bei 100°,50 C. stattfindet, läfst einige Stunden

concentrirte Schwefelsäure darin stehen, wäscht hierauf den Ballon mehrmals mit Wasser aus, bis man sich durch Anwendung von Chlorbarium überzeugt hat, dafs es kein Atom Schwefelsäure mehr enthält, und erhitzt nun, mittelst einer Argand'schen Weingeistlampe, destillirtes Wasser darin bis zum Sieden, so beobachtet man Folgendes:

a) Vom Boden aus steigen wenige oder keine jener Luftblasen auf, die man gewöhnlich zu Anfange der Erhitzung von Wasser in einem gewöhnlichen Glasgefäfs bemerkt.

b) Das Phänomen des *Singens* (*chant*) ist kaum wahrnehmbar, oder wenigstens erst von 95° C. an.

c) Wenn das Thermometer ungefähr auf 100° gelangt ist, bemerkt man nicht, wie für gewöhnlich, zahlreiche Dampfblasen gleichzeitig von allen Stellen der Innenfläche des Ballons aufsteigen. Nach eingetretenem Sieden bleibt das Thermometer nicht mehr stationär, wie es doch sonst gewöhnlich geschieht.

Folgendes ist der Vorgang, wenn der Ballon Schwefelsäure enthalten hat. Im Moment, wo das Thermometer 100° erreicht hat, sieht man eine kleine Anzahl grofser Dampfblasen sich schwierig vom Boden des Gefäfses ablösen, deren Entstehung das Thermometer nicht hindert langsam auf ungefähr 104° C. zu steigen. Verstärkt man die Weingeistflamme, so scheint man gleichsam die Dampfbildung zu erzwingen; indefs entwickelt er sich immer nur mit Mühe und in grofsen Blasen (*bulles ou bouffées*), die sich an der Oberfläche und im Innern der Flüssigkeit zu bilden scheinen, mehr als am Boden des Gefäfses. Bei jedem Aufstofs (*bouffée*) des Dampfs sieht man das Thermometer um einige Zehntel Grad fallen, um sogleich, nachdem die Blase (*bouffée*) entwichen ist, wieder zu steigen. Wenn man in diesem Augenblick die Weingeistflamme rasch verkleinert, so scheint das Sieden fast vollständig aufzuhören, und das Thermometer steigt schnell bis 105° und zuweilen gar bis 106°.

ei dieser hohen Temperatur zeigt sich oft mehre Se-
mden lang nicht eine einzige Dampfblase, oder nicht
n einziges Zeichen, welches das gewöhnliche Sieden
iarakterisirt. Wenn das Wasser in diesem Zustande
t und man schüttet die kleinste Portion Eisenfeilicht
nein, so beginnt wiederum das Sieden mit außeror-
entlicher Lebhaftigkeit; jeder Gran des Metalls wird der
usgangspunkt unzählbarer Dampfblasen, und sogleich
illt das Thermometer auf ungefähr 100° C. Begnügt
an sich ein kleines Metallstück in die Flüssigkeit zu
ingen, und daselbst schweben zu lassen, ohne damit
en Boden zu berühren, so ist die Wirkung weit schwä-
er, und oft sinkt das Thermometer nicht unter 103°.

Die Schwefelsäure ist nicht die einzige Flüssigkeit,
elche einem Glasgefäfs die Eigenschaft ertheilt, das Sie-
n des Wassers zu verzögern. Concentrirte Kalilauge
wirkt dasselbe, nur in geringerem Grade. Ich glaube
gar bemerkt zu haben, dafs die blofse Erhitzung eines
inen Glasballons bis zur Temperatur von 3 bis 400° C.
ne analoge Wirkung hervorbringt; wenigstens ist es
ir einmal geglückt durch diesen Procefs das Sieden des
Vassers bis 105° zu verzögern. Das Wasser ist nicht
e einzige Flüssigkeit, welche diese Verzögerung im Sie-
n zeigt; Alkohol thut dasselbe. So konnte Alkohol
n 0,810 Dichtigkeit in einem Ballon, welcher Schwe-
lsäure enthalten hatte, bis zur Temperatur 82°,5 C.
bracht werden, während derselbe Alkohol in einem ge-
öhnlichen Ballon bei 79° C. in volles Sieden gerieth.

Schliefslich bemerke ich noch, dafs mir die meisten
r obigen Phänomene ihre Erklärung in einer Molcular-
lhäsion des Wassers zu finden scheinen, einer Adhä-
on, die sich mit dem Zustande dieser Substanz auffal-
nd verändert, und die, wenn man diese Substanz von
ler Unreinigkeit oder jedem fremden Stoff befreit, bedeu-
nd zunimmt. In Folge dieser Adhäsion, welche auf
n höchsten Grad gebracht wird, wenn man durch Schwe-

felsäure oder Kalilauge das Glas von diesem oft mit grofser Kraft daran haftenden Firnifs oder unfühlbaren Staub befreit, können Wasser und Alkohol auf eine beträchtlich höhere Temperatur gebracht werden als man bisher geglaubt hat, ohne dafs das Thermometer jenen standfesten Punkt erreicht, der das Sieden charakterisirt. Endlich füge ich noch hinzu, dafs der obige Versuch eben so gut gelingt, wenn man den Ballon mit Wasser, statt durch eine Weingeistlampe, in einem Oelbade bis zu einer dem Siedpunkt nahe kommenden Temperatur erhitzt.

XV. *Bemerkung zu einer Stelle im Aufsatz von W. H. Miller über die Axen optischer Elasticität in hemi-prismatischen Krystallen.*

Hr. Dr. Ewald hieselbst hat mich darauf aufmerksam gemacht, dafs der in diesem Aufsatz bei Gelegenheit des Augits (Annal. Bd. LV S. 629) erwähnte Irrthum, hinsichtlich der Einfachheit der Krystalle dieses Minerals zuerst von ihm durch am Diopsid gemachte und in seiner 1837 gedruckten Dissertation veröffentlichte Beobachtungen, die auch später auszugsweise in das »*Handbuch der Optik* von Radicke« (Bd. I, 1839, S. 383) übergegangen sind, berichtigt worden ist.

Zur näheren Erläuterung dieses Gegenstandes mag Folgendes dienen. Man war früher der Meinung, dafs der Diopsid, obgleich dem 2-und-1-gliedrigen Krystallsystem angehörig, sich dennoch hinsichts der Farben der beiden Ringsysteme, welche er im polarisirten Lichte zeigt, nicht analog den anderen 2-und-1-gliedrigen Krystallen, z. B. dem Gyps, verhalte, sondern analog den 2-und-2-gliedrigen Krystallen, wozu der Arragonit, der Salpeter u. s. w. gehören [1]). Dr. Ewald

1) Siehe Poggendorff's Annal. Bd. XXXV S. 380 und Bd. XXXVI S. 374.

fand, daſs diese Meinung nur daher entstanden war, daſs alle Diopside aus dem Zillerthale, wohl die einzigen, die man zu optischen Versuchen angewandt hatte, Zwillingskrystalle sind, in welchen die beiden Individuen die Abstumpfungsfläche der scharfen Seitenkante der Säule mit einander gemein haben, während, in Beziehung auf diese Fläche in beiden Individuen alles symmetrisch liegt, und daſs, indem man aus einem solchen Zwillingskrystall Platten senkrecht auf die Axe herausschneiden lieſs, man in diesen nicht die beiden Ringsysteme Eines Individuums betrachtete, sondern zwei Ringsysteme zweier verschiedener Individuen, deren symmetrische Stellung gegen einander Symmetrie in den Farbenerscheinungen hervorbringen muſste, so wie man die beiden anderen Ringsysteme beider Individuen ebenfalls mit symmetrischen Farben sieht, wenn man eine Platte beobachtet, deren Ebenen parallel der in ihr enthaltenen Zwillingsgränze sind. Hr. Dr. E. fand nun ferner, daſs, wenn man die beiden Individuen trennt und aus einem derselben eine Platte schleift, in der man beide, diesem Einen Individuum angehörigen Ringsysteme unter gleichem Winkel gegen die Normale der Platte; d. i. unter gleichem Winkel, gegen die Mittellinie der beiden optischen Axen sieht, diese beiden Ringsysteme in der That, in Beziehung auf ihre Farben sich nicht mehr symmetrisch verhalten, sondern unsymmetrisch, wie beim Gyps, und daſs also die Erscheinungen am Diopsid einem allgemeinen Gesetz, daſs Mangel an Symmetrie in der Krystallform, wie er sich in der Endigung der 2-und-1-gliedrigen Krystalle findet, auch Mangel an Symmetrie in den Farben der beiden Ringsysteme nach sich ziehen müsse, nicht mehr entgegenstehen. *P.*

XVI. *Berichtigende Zusätze zur Abhandlung des Hrn. Prof. Naumann.*

[Diese Berichtigungen wurden mir von dem geehrten Hrn. Verfasser übersandt, um sie gehörigen Orts in der Abhandlung anzubringen; leider liefen sie aber zu spät ein, als dafs diefs noch vor dem Druck hätte geschehen können. Ich erlaube mir daher, sie nachträglich zu geben. *P.*]

In der Ueberschrift S. 1 lese man *Blattstellung vieler Pflanzen* statt *Blattstellung im Pflanzenreich*; ferner S. 2 Z. 23 schalte man ein nach dem Worte „*Entdeckungen*" die Worte „*Schimper's und*" Endlich ist auf S. 28 der dritte Absatz folgendermaſsen zu lesen:

„Der einfache Quincunx ist es, welcher vielen wirteligen Blattstellungen zu Grunde liegt. So entsprechen die paarweise gegenüberstehenden Blätter mit alternirenden Paaren (die alternirenden zweigliedrigen Wirtel) einem in *zwei* Cyclen ausgebildeten binären Quincunx, während die Stellung der Scheidenzähne und Zweige der Equiseten einen *vielfach* wiederholten binären Quincunx repräsentirt. Andere Blattwirtel entsprechen anderen Varietäten des einfachen Quincunx, welche in zwei- oder mehrfach wiederholten Cyclen zur Ausbildung gelangt sind. Aber auch der *zusammengesetzte* Quincunx muſs wirtelige Blattstellungen liefern, sobald er in *wiederholten* Cyclen um den Stamm herum ausgebildet ist. So können z. B. an *Pinus picea* und *Pinus sylvestris* zweigliedrige Wirtel dadurch entstehen, daſs das Gesetz $\frac{8}{21}$ zwei Mal um den Stamm herum erfüllt ist. Bedeutet r die Repetitionszahl des Cyclus, so kann man jede wirtelige Blattstellung im Allgemeinen durch $r\left(\frac{n}{m}\right)$ ausdrücken; ist $n=0$, so entstehen Wirtel mit unmittelbar über einander stehenden Blättern, wie bei *Galium* und anderen Pflanzen."

1842. ANNALEN No. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVI.

I. *Ueber den Proceſs des Sehens und die Wirkung des Lichts auf alle Körper; von Ludwig Moser.*

In unserer Zeit, wo mannichfache Untersuchungen über die Wirkungen des Lichts auf die Oberflächen gewisser Substanzen angestellt werden — Wirkungen, welche man chemische nennt, und schwerlich lange noch so nennen wird — dürfte die Frage zur Sprache kommen: ist es vielleicht eine ähnliche Wirkung, welche die Retina vom Licht erleidet? Ist der optische Nerv der Leiter für die Schwingungen des Lichts, oder leitet er das Gefühl seiner materiellen Wirkungen zum Centralorgan? Ich glaube, es lassen sich viele Erscheinungen beim Sehen nicht wohl mit der ersteren Vorstellung vereinigen, und sie werden leicht verständlich, wenn man materielle Wirkungen zugesteht. Um nur eines vorläufig anzuführen, mache ich auf den Einfluſs aufmerksam, den die *Zeit* bei dem Proceſs des Sehens spielt, in der Art, daſs die äuſseren Objecte nicht instantan wahrgenommen werden, daſs die Farbe derselben von der Zeitdauer der Betrachtung abhängt, daſs endlich die gesehenen Objecte nicht mit diesen verschwinden, sondern eine mehr oder weniger lange Zeit im Auge noch vorhanden sind. Ich werde in dem Folgenden versuchen, die Analogie der Wirkung des Lichts auf die Retina mit der auf andere Substanzen, die man jetzt zu studiren anfängt, so weit als möglich zu verfolgen, ohne dabei auch nur einen Schritt weiter zu gehen, als den meine vielfältigen Untersuchungen zu machen berechtigen. Denn ich verhehle es mir nicht, daſs

man dem Gegenstande, den ich zur Sprache bringe, von vorn herein nicht sehr geneigt seyn dürfte, dafs ein starkes Vorurtheil der Behauptung sich widersetzen möchte, dafs das Licht auf der Retina materielle Veränderungen hervorbringe, und wären sie auch so unbedeutend, als ich zu zeigen hoffe, dafs sie wirklich sind. Diese Lage der Sache gebietet die möglichste Vorsicht; allein sie kann mich nicht bestimmen eine Ansicht zurückzuhalten, die mir nach reiflicher Ueberlegung wohl begründet zu seyn scheint.

Zunächst mögen folgende drei Sätze bewiesen werden: 1) die violetten und blauen Strahlen des Lichts sind nicht ausschliefslich die chemisch wirkenden, oder wenn man leuchtende und chemische Strahlen im Licht unterscheiden will, so sind in den am meisten brechbaren Strahlen des Spectrums die chemischen Strahlen nicht ausschliefslich enthalten; 2) es ist nicht nothwendig, und in den am besten beobachteten Erscheinungen sogar bestimmt nicht der Fall, dafs das Licht eine materielle Trennung von chemisch verbundenen Substanzen bewirke. Die Wirkungen des Lichts sind vielmehr der Art, dafs sie sich, wie ich zeigen werde, auf völlig andere Weise nachahmen lassen, wobei dann der Begriff einer chemischen Zersetzung gänzlich ausgeschlossen wird; 3) auch die anhaltendste Wirkung des Lichts scheint nur die äufserste Oberfläche der Substanzen zu afficiren, und selbst die für gewöhnlich so äufserst dünne Jodsilberschicht keinesweges zu durchdringen.

Es ist klar, dafs wenn diese drei Behauptungen bewiesen worden, die stärksten Einwendungen gegen die neue Ansicht beseitigt seyn würden. Während nämlich auf das Auge alle Farben einwirken, so glaubt man gewöhnlich, dafs auf die übrigen, für das Licht empfänglichen Stoffe nur bestimmte einzelne Farben, und zwar hauptsächlich das Violett und Blau, von Einflufs seyen. Ich werde diesen Einwand nicht durch die Bemerkung

widerlegen (die es gut seyn mag in anderen Fällen im Gedächtnifs zu behalten), dafs wir den Effect des Lichts vor's erste nur bei sehr wenigen Substanzen kennen, bei denen derselbe gerade augenscheinlich gemacht werden kann; dafs das Licht auf sehr viele andere Substanzen, vielleicht auf alle wirken mag (man sehe das Ende dieses Abschnitts), und dafs darunter leicht einige seyn mögen, die von allen Farben afficirt würden. Diese Berufung auf Unkenntnifs ist in sofern nicht nöthig, als das Silberjodid in der That von allen Farben eine eigenthümliche Lichtwirkung erfährt, ja dafs, wie ich zeigen werde, es einen Zustand dieses Körpers giebt, worin alle Farben zugleich von gleicher Wirkung auf dasselbe sind. Die Sätze ad 2 und 3 belehren dann, wie gering die Veränderungen sind, welche das Licht hervorbringt; bei anhaltender Wirkung mögen dieselben bedeutender werden, allein das spräche gerade für die aufgestellte Ansicht. Denn die anhaltende Fixirung eines Gegenstandes, die dem Auge stets so schwer wird, zeigt in ihren bekannten Nachwirkungen, dafs die Veränderungen auf der Retina auch so ganz unbedeutend nicht seyn können, da sie nach den Umständen Minuten, Stunden, ja Tage und Monate braucht, um auf ihren normalen Zustand zurückzukehren.

Ehe ich an die Versuche gehe, will ich ein Wort über die Art und Weise sagen, wie man sie am besten anstellt. Es scheint anfangs bequemer sich der empfindlichen Papiere und eines verfinsterten Zimmers zu bedienen; man wird jedoch bald finden, dafs diese Art nicht die brauchbarste sey. Man erhält keine entscheidenden Resultate, und bleibt, mindestens in Bezug auf die feineren Phänomene, stets ungewifs. Das einzig zweckmäfsige Verfahren, welches so oft angewandt werden sollte als es angeht, ist das von Daguerre. Seine Vorschriften sind auf ein vollendet artistisches Bild calculirt, und genügen diesem Zweck vollkommen, mit Ausnahme der

12*

Jodirung des Silbers, für welche er unzweckmäfsige Apparate angegeben hat. Wenn es sich um physikalische Versuche handelt, so kann man von den strengen Vorschriften mitunter viel ermäfsigen; allein man wird doch nicht gut thun, den Zweck, vollkommene Bilder zu erhalten, ganz aufser Augen zu lassen. Es ist übrigens nicht meine Absicht, mich hier auf diesen Gegenstand weiter einzulassen; ich werde nur eine brauchbare Vorrichtung zum Jodiren beschreiben, damit man die nachfolgenden Versuche leicht wiederholen könne.

Auf den Boden eines etwa 1 Zoll hohen, und im Uebrigen der Gröfse der Silberplatten entsprechenden, Kastens, aus welcher Substanz man wolle, befestige man eine, mit irgend einem wollenen Zeuge überzogene Glastafel, und richte eine zweite ganz gleiche ein, die erste damit zu bedecken. Zwischen beide Glasplatten streue man etwas Jod, welches sehr bald die ganze Masse des Zeugs durchziehen und schwarz färben wird. Dabei verhindern die beiden Glastafeln das Entweichen des Jods, und man hat selten nöthig etwas nachzustreuen. Legt man nunmehr die Silberplatte über die untere Glastafel, so erhält man eine gleichmäfsige Schicht goldgelben Silberjodids, und, was die Hauptsache ist, in einer wenig veränderlichen Zeit, wenn die Temperatur sich nicht auffallend ändert. Bei meinem Apparat dauert z. B. das Jodiren stets 60 bis 70 Secunden. Das, was in Paris über die Nothwendigkeit metallischer Ränder, um eine gleichmäfsige Jodschicht zu erhalten, behauptet worden, wäre eben so unerklärlich als es in der That unbegründet ist; man kann vielmehr die Silberplatte für sich allein, oder wie man es sonst für gut findet, den Joddämpfen aussetzen.

Zu vielen Versuchen ist es wünschenswerth, die Empfindlichkeit des Jodsilbers zu steigern, und hierzu scheint Chlorjod die beste Substanz zu seyn. Wenn man es auf folgende Weise bereitet und anwendet, so

wird man das nicht bestätigen, was von vielen Seiten über die Unsicherheit dieser Substanz behauptet wird. In eine Flasche mit möglichst grofser Oeffnung, welche durch einen Glasstöpsel wohl zu verschliefsen ist, thue man eine kleine Quantität Jod, und setze diese Flasche offen in eine gröfsere, worin Chlorkalk befindlich ist. Man giefse etwas Schwefelsäure in den Chlorkalk, verschliefse die gröfsere Flasche und lasse sie 1 bis 3 Tage stehen; man wird dann in der kleinen Flasche eine von den beiden Verbindungen des Chlors und Jods, die feste oder flüssige, oder auch beide zugleich haben. Wenn man nun die Silberplatte, nachdem sie dem Jod ausgesetzt worden, 20 oder 30 Secunden über dieses Chlorjod bewegt, so wird sie Bilder in einigen Secunden liefern, und zwar wenn die Intensität des Lichts sich nicht ändert, stets in derselben Zeit, so dafs keine Unsicherheit vorhanden ist.

Wenn man eine jodirte Silberplatte gehörige Zeit der Lichtwirkung in einer Camera obscura aussetzt, so erhält man bekanntlich ein Bild, welches sich dadurch auszeichnet, dafs die hellen Parthien dunkel, die in der Wirklichkeit dunkelen auf dem Bilde hell erscheinen, indem an den Stellen, wo das Licht nicht wirkte, das Jodsilber seine ursprüngliche hellgelbe Farbe behält. Diese Art von Bildern, welche artistisch ganz unbrauchbar sind, werde ich in der Folge »negative« nennen, wie Herschel es vorgeschlagen.

Die Entdeckung Daguerre's besteht nun darin, dafs noch ehe dieses negative Bild entstanden, zu einer Zeit also, wo auf der jodirten Silberplatte noch keine Art von Wirkung wahrzunehmen ist, eine Wirkung doch schon stattgefunden hat, in der Art, dafs die vom Licht getroffenen Stellen die Eigenschaft erhalten haben, die Quecksilberdämpfe niederzuschlagen. Es interessirt hier vorerst das Factum, dafs das Licht im Jodsilber Modificationen hervorbringen könne, die man ohne besondere

Hülfsmittel nicht wahrnimmt, und in dieser Beziehung führt die schöne Entdeckung des jüngeren Becquerel noch einen Schritt weiter. Wenn die Quecksilberdämpfe von dem Jodsilber condensirt werden sollen, so erfordert das eine Einwirkung des Lichts während einer gewissen Zeit; gönnt man dem Licht diese Zeit nicht, so schlagen sich nachher keine Quecksilberdämpfe nieder, und es könnte wiederum scheinen, als wenn das Licht noch von keiner Wirkung gewesen sey. Allein Becquerel legt eine solche Platte unter einem rothen Glase in die freie Sonne, und erhält dann, wenn diefs nicht zu lange geschieht, das positive Bild in den Quecksilberdämpfen, und wenn die Silberplatte länger unter dem rothen Glase liegt, das negative. Hieraus folgt also, dafs, obgleich die Camera obscura nur sehr kurze Zeit gewirkt, ihre Wirkung auf dem Jodsilber doch schon vorhanden gewesen seyn mufs; denn die rothen Strahlen setzen diese Wirkung fort.

Von der Vorstellung ausgehend, dafs die chemischen Wirkungen des Lichts mit den violetten und blauen Strahlen verbunden seyen, sieht Becquerel die angeführte Thatsache an, als werde durch sie die Existenz zweier verschiedenartiger chemischer Strahlen nachgewiesen, und als habe man zu unterscheiden:

1) anregende Strahlen, *rayons excitateurs*,

2) fortwirkende Strahlen, *rayons continuateurs*.

Zu den ersteren würden dann die violetten und blauen, zu den letzteren die rothen und auch die gelben gehören.

Ich habe diese Versuche im Allgemeinen bestätigt. Wenn an einem Tage die Platte 8 Minuten in der Camera obscura bleiben müfste, um nachher in den Quecksilberdämpfen ein richtiges Bild zu geben, so nahm ich sie schon nach 1 oder $\frac{1}{2}$ Minute heraus, legte sie 2 Minuten lang unter dem rothen Glase in die freie Sonne,

und erhielt dann in den Quecksilberdämpfen das richtige Bild. Ich gebe diese Zeiten beispielsweise, da sich keine allgemeinen Regeln darüber werden aufstellen lassen, und füge nur hinzu, dafs wenn ich die Wirkung der Camera obscura gar zu bald unterbrach, ich nachher kein Bild erhielt, obgleich meine rothen Gläser wenig violette und blaue Strahlen durchliefsen. Lag die Platte etwas länger unter dem rothen Glase, dann entstand ein negatives Bild, und diesen Umstand wendet man oft mit Vortheil an, sich von der Existenz einer Lichtwirkung auf dem Jodsilber zu überzeugen, ohne dafs es nöthig wäre Quecksilberdämpfe zu Hülfe zu nehmen.

Sehr verschieden hiervon wirken die *gelben* Gläser. Ich besitze deren, welche beim Durchsehen ein reines Gelb zeigen, und andere, welche in's Röthliche spielen. Die letzteren wirken wie die rothen Gläser, nur lassen sie viel weifses Licht durch, welches das Jodsilber schwärzt. Nimmt man von den rein gelben Gläsern, bedeckt damit eine jodirte Silberplatte, welche so ziemlich die richtige Zeit in der Camera obscura gelassen worden, und legt sie in die Sonne, so sieht man eine merkwürdige Erscheinung. Während die Platte anfangs noch kein Bild zeigte, entsteht nun rasch ein negatives Bild, dieses verschwindet und in etwa 10 bis 15 Minuten ist ein *positives* Bild da, d. h. ein solches, wo die hellen Parthien des Objects hell, die dunkeln dunkel erscheinen. Unter dem gelben Glase erhalten diese positiven Bilder immer einen schwärzlichen Ueberzug; diefs abgerechnet, sind sie jedoch von vollkommener Schärfe und Deutlichkeit.

Während ich mit rothen Gläsern, selbst bei der anhaltendsten Wirkung der Sonne, niemals ein solches positives Bild habe entstehen sehen, erhält man dasselbe durch *grüne* Gläser sehr gut, wenn auch nicht so rasch als durch die gelben.

Fafst man diese Thatsachen zusammen, die ich gleich anders darstellen werde, so kommt man zu folgender An-

sicht über die Wirkung der einzelnen Farben des Lichts, die von der Becquerel's sehr verschieden ist. Auf das gewöhnliche Silberjodid wirken nur die violetten und blauen Strahlen; sie verändern dasselbe, wiewohl anfangs so wenig, dafs es nicht wahrgenommen werden kann. Dafs wirklich eine Veränderung stattgefunden, obgleich das Jodsilber noch seine gelbe Farbe behalten hat, beweisen die Quecksilberdämpfe. In dieser Veränderung des Silberjodids kann man zunächst zwei Stufen unterscheiden. In der ersten derselben ist das Jodid so modificirt, dafs nunmehr die rothen und orangenen Strahlen so gut als die blauen und violetten darauf wirken. Die gelben Strahlen wirken dann noch nicht; denn nimmt man die Platte zu früh aus der Camera obscura, so vermögen die gelben Gläser keine Wirkung hervorzubringen. In der zweiten Stufe der Veränderung wirken nun auch die gelben und grünen Strahlen. Diefs ist ungefähr der Moment, wo das veränderte Silberjodid die Eigenschaft hat, die Quecksilberdämpfe niederzuschlagen. In diesem Moment also wirken *alle* Farben auf das Silberjodid, und es wäre schon deshalb nicht richtig, von ausschliefslich chemisch wirkenden Strahlen im Spectrum zu sprechen. Das Folgende wird diese gewöhnlich angenommene Behauptung noch stärker widerlegen.

Die Wirkung der violetten, blauen und später auch der übrigen Strahlen geht dahin, das gelbe Silberjodid zu schwärzen. Ist dieser Zustand eingetreten, dann hat die Wirkung dieser Strahlen ihr Ende erreicht, das geschwärzte Silberjodid wird von ihnen gar nicht weiter afficirt. Man ist über diesen schwarzen Stoff nicht einig; einige halten ihn für reines Silber, einige für eine verschiedene Verbindung des Silbers mit dem Jod, für ein Silberjodür, ja es ist die Meinung ausgesprochen worden, das Silberjodid werde durch die anhaltende Wirkung des Lichts nur isomer verändert, welche Meinung ich für die wahrscheinlichste halte. Dafs dieser schwarze Stoff kein reines Silber seyn könne, wird später noch besser ge-

zeigt werden. Hier genügt die Thatsache, dafs die gelben Strahlen aus dem negativen Bilde ein positives machen, das geschwärzte Silber also wieder entfärben, um zu beweisen, dafs dasselbe kein reines Silber seyn werde, bei dem eine solche Wirkung nicht zu beobachten ist. Uebrigens wäre es wünschenswerth genug, diesen eigenthümlichen Stoff genau kennen zu lernen. Da nun; wie schon bemerkt, die violetten, blauen, rothen und orangenen Strahlen auf das geschwärzte Silber gar nicht weiter wirken, die gelben und grünen Strahlen aber wohl, so hat man wiederum keinen Grund, von der vorzugsweise chemischen Wirkung der einen Gruppe von Strahlen gegen die andere zu sprechen, und hiermit ist die Behauptung ad 1 zu Anfang dieses Abschnitts, wie ich glaube, schon hinlänglich bewiesen.

Wenn man das Vorangehende erwägt, so sieht man leicht ein, dafs, um die *eigenthümliche* Wirkung der gelben und grünen Strahlen zu untersuchen, es keiner gefärbten Gläser bedarf; denn diese Wirkung fängt erst dann an, wenn die übrigen Strahlen ihre Wirksamkeit verloren haben. Man kann also mit weifsem, unzersetztem Licht, oder mit dem reinen Licht der Sonne operiren, und dann wird man zu folgenden frappanten Versuchen geführt, die man leicht genug bestätigen wird.

Eine jodirte Platte wurde in die Sonne gelegt, bis sie geschwärzt worden, welches rasch geschieht. Hierauf wurde sie zur Hälfte vor der Sonnenwirkung geschützt und liegen gelassen; schon nach wenigen Minuten sah man, dafs die unbedeckte Hälfte auffallend heller geworden war, als die bedeckte. Diese Entfärbung dauert einige Zeit, und am Ende wird die vorher schwarze Platte im reflectirten Licht grünlich-gelblicht. Diese Wirkung rührt von den gelben und grünen Strahlen der Sonne her, und so ergiebt sich also, dafs das Sonnenlicht, ununterbrochen auf gelbes Silberjodid wirkend, dasselbe erst dunkel macht und dann wieder entfärbt.

Eine jodirte Silberplatte wurde in der Sonne ge-

schwärzt, bis die Schwärzung nicht mehr zunahm, und hierauf in eine Camera obscura gebracht, die auf Häuser gerichtet war. Nach 24 Stunden wurde sie herausgenommen, und zeigte nun, wie zu erwarten stand, ein richtiges *positives* Bild mit dem gewöhnlichen Detail. Die hellen Parthien des Objects hatten im Bilde eine stahlgraue Färbung, die dunklen waren schwarz.

Folgender Versuch ist sehr überraschend, obgleich leicht aus der besprochenen Wirkung der gelben und grünen Strahlen zu erklären. Man jodire eine Silberplatte, bringe sie an einem Tage, an welchem die Sonne scheint, in die Camera obscura, und lasse sie eine halbe, eine ganze Stunde oder länger darin, so daſs ein stark ausgeprägtes negatives Bild entstehe. Jetzt lege man die Platte in die freie Sonne, und man wird ein schönes Phänomen sehen. Nach einigen Minuten verschwindet das negative Bild und es entsteht ein eben so starkes positives, in welchem die hellen Parthieen bläulichgrün und die dunklen rothbraun sind.

Man sieht aus allen diesen Versuchen, daſs die Frage, welche Farbe des Lichts chemisch wirken werde, in abstracto nicht zu beantworten ist; wie das durch das gelbe Silberjodid und durch das geschwärzte gründlich genug gezeigt wird. Wir kennen nun in dieser Beziehung bis jetzt wenig Stoffe, und es muſs daher vorläufig unentschieden bleiben, ob die für die Einwirkung des Lichts auf das Silberjodid gefundene Gesetze allgemein seyen, mit Differenzen freilich, was diese oder jene Farbe betrifft. Ich habe nur die weingeistige Lösung des Guajaks hierauf untersucht, und allerdings sehr analoge Erscheinungen erhalten. Bestreicht man Papiere mit dieser Auflösung, so haben sie anfangs eine röthliche Färbung, welche im Tageslicht theegrün wird. Die zuerst wirksamen Strahlen sind die violetten, blauen und grünen. Sie färben das röthliche Papier bläulichgrün, die violetten Strahlen färben es sogar blau. Ist das Papier

am Tageslicht theegrün gefärbt worden, und legt man es unter rothen und gelben Gläsern in die Sonne, so nimmt es eine hellröthliche und etwas bräunliche Farbe an. Roth und Gelb wirken also auf den durch die violetten, blauen und grünen Strahlen schon modificirten Guajak, wie Grün und Gelb auf das geschwärzte Silberjodid. Hiernach kann man nun dem Bisherigen zufolge erwarten, dafs, nachdem die Sonne das röthliche Papier grün gefärbt habe, sie bei fortgesetzter Wirkung es auch wieder röthlich erscheinen lassen werde, und so zeigt es sich in der That. Dieses Factum bestätigt man in sehr kurzer Zeit bei guter Sonnenbeleuchtung; in der Camera obscura jedoch habe ich auf diesen Papieren Bilder erst in 24 Stunden erhalten, die noch dazu wenig Detail sehen liefsen.

Ich werde jetzt die Behauptung ad 2 zu erweisen suchen, dafs die Wirkung des Lichts nicht nothwendig darin bestehe, zwei chemisch verbundene Stoffe von einander zu trennen. Dieser Theil der Behauptung folgt eigentlich schon aus der Entdeckung Daguerre's und noch mehr aus der Becquerel's, nach welchen das Licht auf dem Jodsilber und auf dem Bromsilberpapier (mit welcher Substanz der letztere hauptsächlich experimentirte) Veränderungen hervorbringt, welche durch die Quecksilberdämpfe und das rothe Glas allerdings angezeigt werden, sonst aber nicht wahrnehmbar sind, und jede Annahme, als wenn hierbei Jod von dem Silber getrennt werde, von selbst ausschliefsen. Ich werde auch bald nachher Phänomene beschreiben, welche ähnliche Wirkungen, wie das Licht sie bei diesen Versuchen zeigt, auf ganz andere Art hervorbringen lehren, z. B. auf einer reinen Silberfläche, wo also von chemischem Effect gar nicht die Rede seyn kann.

Diefs betrifft die anfänglichen Modificationen, welche das Licht auf der Oberfläche hervorbringt. Die fortgesetzte Wirkung desselben zeigt sich äufserlich als eine

Schwärzung des Silberjodids und anderer Silberverbindungen, und diese Modification ist gewifs bedeutender; allein sie rechtfertigt doch auch die Annahme nicht, dafs durch das Licht hierbei wirklich eine chemische Zersetzung hervorgebracht werde. Um nicht mifsverstanden zu werden, will ich bemerken, dafs mich hier die anderweitigen chemischen Wirkungen des Lichts, z. B. auf Chlor und Wasserstoff, die Zersetzungen des Goldoxyds, einiger Salze, der Salpetersäure u. s. w., nicht interessiren können; denn 1) mögen viele dieser chemischen Wirkungen bei dem jetzigen Stand der Sache wohl eine neue Untersuchung verdienen, und 2) kommt es hier im Grunde nur darauf an, in einem einzigen bekannteren und besser zu untersuchenden Falle die Abwesenheit chemischer Trennungen bei der Lichtwirkung nachzuweisen, um dann zu der Annahme berechtigt zu seyn, dafs der Effect des Lichts auf die Substanz der Retina nicht für eine bedeutendere chemische Veränderung gehalten werde, als sie wirklich ist.

Es ist oben schon bemerkt worden, dafs das geschwärzte Silberjodid kein reines Silber, etwa in Pulverform, seyn könne, da man darauf ein Bild erzeugen kann. Dieses Bild werde ich jetzt etwas weiter verfolgen. Nimmt man eine jodirte Silberplatte, bringt sie in die Camera obscura und läfst sie an einem Sommertage 24 Stunden darin, so erhält man, wie ich schon angegeben, nachher ein positives Bild, welches also das *zweite* von denen ist, welche auf dieser Platte sich gebildet haben. Denn das erste ist ein negatives. Das positive Bild zeigt eigentlich nur Schattirungen von Grau, und Farben habe ich unter diesen Umständen darauf nicht gesehen. Nunmehr ist aber die Frage natürlich, ist dieses zweite Bild das letzte, oder bildet sich ein drittes negatives, dann ein viertes u. s. f., wenn man nur der Wirkung des Lichts die gehörige Zeit gönnt?

Um diese Frage zu entscheiden, wurden zwei Sil-

berplatten jodirt, die eine noch den Dämpfen des Chlorjods ausgesetzt, und dann jede für sich in eine Camera obscura gebracht. Die Witterung war sehr ungünstig; es waren Wintertage, an denen die Sonne fast nicht zum Vorschein kam; jede Camera obscura befand sich in einem verfinsterten Zimmer, alles seitliche Licht zu entfernen, und war auf entfernte Häuser gerichtet. Nach 13 Tagen nahm ich die Platten heraus, und sie zeigten beide ein richtiges positives Bild. Die eine derselben, welche dem Chlorjod ausgesetzt gewesen, zeigte dabei die schönste Erscheinung, die ich auf diesem Gebiete noch gesehen habe; die hellen Parthieen waren in dem lebhaftesten Himmelblau, die dunklen in eben so lebhaftem Feuerroth gefärbt. Das andere Bild zeigte ähnliche Farben, aber bei weitem so lebhaft nicht. Ich zweifle nicht, dafs diefs noch immer das *zweite* Bild war, da bei der schlechten Beleuchtung ein *viertes*, wenn solche überhaupt stattfinden, nicht zu erwarten stand. Allein einen Schritt führt dieser Versuch doch weiter. Er lehrt, dafs aus dem *geschwärzten* Silberjodid schon wieder ein *gefärbtes* Silberjodid geworden war, blofs durch anhaltendere Wirkung des Lichts, Auch in anderer Beziehung fand sich, dafs diefs gefärbte Silberjodid schon wieder dem anfänglichen ähnlich war. Das anfängliche vom Licht nicht afficirte Silberjodid wird nämlich, nach dem was Herschel gefunden hat, vom unterschwefligsauren Natron leicht aufgelöst; das geschwärzte Silberjodid aber nicht. Als ich nun die vorher beschriebene Platte in eine Auflösung dieses Salzes brachte, löste sich der farbige Ueberzug rasch ab, und es blieb das erste negative Bild auf der Platte zurück. Ein Beweis, dafs die fortgesetzte Wirkung des Lichts das schwarze Silberjodid seinem früheren Zustand wieder zugeführt, und dafs diese schwarze Substanz wohl schwerlich ein vom gewöhnlichen farb: en Silberjodid sehr verschiedener Stoff seyn könne.

Ich habe diese Versuche, welche die Apparate lange in Anspruch nehmen, in dieser Art nicht fortsetzen können: auch hielt mich das Bedenken davon ab, ob es nach einem Monate lang fortgeführten Versuch zu bestimmen gelingen werde, welches Bild man eigentlich auf der Platte habe.

Um auf eine bequemere Weise diesem Gegenstand nahe zu treten, legte ich eine jodirte Silberplatte in's Tageslicht und, so oft es anging, in die Sonne. Die Platte wurde zuerst schwarz, dann, wie schon angegeben, wieder hell, und zwar grünlich. Nach etwa 14 Tagen schien sie in der That wieder dunkel geworden zu seyn, dann nach einer längeren Zeit wieder heller, dann wieder dunkel, und so habe ich diese Alternationen mindestens 5 bis 6 Mal vor sich gehen sehen. Um sie gut wahrzunehmen, habe ich auf die Platten von Zeit zu Zeit dunkle Papierstreifen gelegt, wodurch Theile derselben vor der Lichtwirkung geschützt wurden; auch betrachtete ich die Platten stets in derselben Lage gegen das reflectirte Licht, weil sich sonst hell und dunkel leicht umkehren, wie man diefs sogar bei den guten Daguerre'schen Bildern wahrnimmt. Allein recht überzeugend ist das Resultat jener Versuche für mich vorläufig doch erst wegen später anzuführender Thatsachen. Ich zweifle nicht, dafs ein gut fortgeführter Versuch diese Alternationen bei der Wirkung des Lichts anzeigen werde; nur wird es dann nöthig seyn, die Platten besser vor Staub und Feuchtigkeit zu sichern, welche bei meinen Versuchen störend einzuwirken schienen.

Für die Behauptung, dafs das Licht kein Jod von der jodirten Silberplatte forttreibe, spricht ein Versuch von Draper [1]) mit grofser Entschiedenheit. Er tränkt Papier mit einer Auflösung von Stärke und legt es auf die jodirte Silberplatte. Als hierauf das Licht der Sonne durchschien, wurde das Jodsilber dunkelgrün; allein es

1) *London and Edinburgh philosophical Magazine. Sept.* 1841.

zeigte sich auf dem Papier keine Spur einer bläulichten Färbung.

Nach dem Vorangehenden halte ich es für bewiesen, oder doch für höchst wahrscheinlich, dafs durch das Licht keine Zersetzung des Silberjodids vor sich gehe, und verweise defswegen noch auf die später mitzutheilenden Klassen von Erscheinungen.

Ich komme nunmehr zum Beweise der Behauptung ad 3, dafs auch die dauerndste Wirkung des Lichts nur die *äufserste* Oberfläche des Silberjodids afficire, obgleich die ganze Schicht für gewöhnlich so überaus dünn ist. Eine gelb jodirte Silberplatte wurde während zweier Monate dem Tageslicht, und, so oft es möglich war, der directen Sonne ausgesetzt. Hierauf wurde sie mit trockner Baumwolle abgerieben, in die Sonne gelegt und der Schatten eines nahe stehenden Körpers darauf geworfen. Nach kurzer Zeit war der übrige Theil der Platte auf's Unzweifelhafteste dunkel geworden und der Schatten markirte sich hell. Die Platte wurde nun von Neuem abgerieben, in die Sonne gelegt, und mit demselben Verfolg. So verfuhr ich nach langen Zwischenräumen *acht* Male, und noch jetzt nach vielen Monaten ist der Versuch nicht geschlossen; nach jedesmaligem Abreiben zeigt es sich, dafs noch empfindliches Silberjodid auf der Platte, und zwar gleichmäfsig vorhanden sey. Das Resultat dieses Versuchs ist merkwürdig genug, wenn man erwägt, wie dünn die anfängliche Schicht des Jodids ist; Dumas giebt, ohne die Art der Messung genauer mitzutheilen, ihre Dicke noch nicht zu einem Milliontheil eines Millimeters an, und jedenfalls mufs sie sehr dünn seyn. Denn trotz der vielen Manipulationen, welche die Hervorbringung eines Daguerre'schen Bildes erfordert, habe ich auf gewöhnlich plattirtem Kupfer nach und nach 30 Bilder entstehen lassen; dann zeigte die Platte allerdings Spuren von hervortretendem Kupfer, es waren jedoch nur einzelne rothe Punkte, während der übrige Theil der Platte noch unversehrt war.

Einige Einwendungen anderer Art, die man gegen die aufgestellte Ansicht über den Vorgang auf der Retina machen könnte, will ich noch anführen. Es sind Einwendungen, wie sie wohl erhoben werden könnten, die aber, wenn man sie näher betrachtet, vielmehr Bestätigungen sind, und zum Theil auf Erscheinungen sich stützen, welche nach der bisherigen Ansicht gar nicht erklärt werden können.

Zuerst könnte man die Wahrnehmungen des Auges mit denen des Ohrs zusammenstellen wollen, und hier wie dort *Oscillationen* als die gleichmäſsige äuſsere Bedingung hervorheben. Allein nicht zu gedenken, daſs in dem einen Falle Schwingungen ponderabler Stoffe vorhanden sind, im anderen aber imponderabler, so ist thatsächlich gar keine Analogie zwischen den Wahrnehmungen des Auges und des Ohrs vorhanden. Denn sieht man bloſs auf die äuſseren Bedingungen, welche diese beiden Sinneswerkzeuge erregen, so sollte eine Aehnlichkeit zwischen den verschiedenen Farben und den verschiedentlich hohen und tiefen Tönen stattfinden, und doch ist nichts für die Perception weniger Analoges. Die Farben machen so zu sagen einen vollständigen, nicht mit einander zu verwechselnden Eindruck, die verschiedenen Töne bewirken einen solchen nicht. Allerdings verwechselt man nicht gerade sehr hohe und sehr tiefe Töne, aber desto leichter geschieht das von einem gewöhnlichen Ohr bei etwas näher liegenden Tönen, und jedenfalls gehört ein besonderes feines und musikalisch gebildetes Ohr dazu, einen Ton der üblichen Bezeichnung nach angeben zu können, während das Auge bei der Bestimmung der Farben eine Schwierigkeit solcher Art gar nicht kennt. Viel eher könnte man geneigt seyn, die Höhe oder Tiefe eines Tones mit der *Intensität* einer bestimmten Farbe, und dagegen die verschiedenen Farben mit dem *Klang* des Tones zusammenzustellen. Mir sind wenig Menschen vorgekommen, die auf Befragen

gen das letztere nicht bestätigt hatten. Die Perceptionen beider Sinneswerkzeuge sind also bei ähnlichen äufseren Bedingungen sehr verschieden, und erlauben wenig Vergleichung; will man sie jedoch anstellen, nun dann zeigt es sich blofs, dafs es wahrscheinlich beim Act des Sehens anders zugehen werde, als beim Act des Hörens, und dafs, wenn dort etwa die tausende von Schwingungen in einer Secunde gezählt werden, hier die hunderte von Billionen derselben wahrscheinlich nicht gezählt werden.

Einen Einwand gewichtigerer Art könnte man auf folgende Art ableiten. Wenn man der Einfachheit wegen die gelben und grünen Strahlen, die eine eigenthümliche Wirkung auf das Silberjodid haben, aufser Acht läfst, und nur die violetten, blauen, orangenen und rothen betrachtet, so scheinen sie auf das gelbe Jodsilber einen und denselben Effect zu haben; sie bringen dasselbe dahin, die Quecksilberdämpfe zu condensiren. Alle bis jetzt bekannten, für das Licht empfänglichen Stoffe zeigen auf ähnliche Weise, dafs *mehrere* Farben auf gleiche Art wirken, z. B. auf den Guajak die Farben: violett, blau, grün. Hiernach könnte man fragen, wie es käme, dafs diese Farben verschiedentlich auf die Retina wirkten, die dieselben doch als verschiedene Modificationen wahrnimmt. Es liefse sich hierzu bemerken, dafs vielleicht unsere Kenntnifs über die Wirkung des Lichts auf das Silberjodid zu mangelhaft sey, dafs wir erst in neuerer Zeit die Quecksilberdämpfe als ein Reagens dafür kennen gelernt haben, dafs es andere Hülfsmittel geben kann, welche noch einen Unterschied zeigten, je nachdem die eine oder die andere Farbe gewirkt habe. Es liefse sich ferner bemerklich machen, dafs was beim Silberjodid richtig sey, darum nicht für alle übrigen sensiblen Stoffe, wozu die Retina gehört, richtig zu seyn brauche, dafs schon der Guajak einen sichtbaren Unterschied zwischen der Wirkung der violetten und blauen Strahlen zeige, da erstere, wie angegeben, ihn blau, letz

tere blaugrün färben. Allein auch hier ist die unbestimmte Berufung auf mangelnde Kenntnifs nicht nöthig; Seebeck hat das Chlorsilber in den verschiedenen Farben des Spectrums in der That verschiedentlich gefärbt gesehen, und überhaupt wird jeder Beobachter, welcher Versuche über die Einwirkung des Lichts auf irgend welchen Stoff angestellt hat, über die Menge der Farbennüancen erstaunt gewesen seyn, welche sich ihm dabei unter Umständen ergeben haben. Diese Farbennüancen sind Zeichen von eben so vielen Modificationen, welche der Stoff unter dem Einflufs des Lichts annehmen kann, und dann ist die Annahme, dafs die Farben gleichmäfsig wirkten, gar nicht haltbar. Es wird schwer seyn hierüber Versuche anzustellen, da man mit reinen Farben nicht gut operiren kann; allein die Behauptung, dafs die verschiedenen Farben verschiedentlich wirken, wird man zugeben müssen. Eine *gleichmäfsige* Wirkung aller Farben, das Gelb und Grün mit eingeschlossen, auf das Silberjodid findet inzwischen sicher in einem Falle statt, wenn sie nämlich anhaltend wirken, dann bringen sie das Jodid dahin, die Quecksilberdämpfe zu condensiren, und schwärzen es bei weiter fortgesetzter Einwirkung. Hier wäre also entschieden eine und dieselbe Wirkung aller Farben des Spectrums, und es fragt sich, ob etwas Aehnliches beim Auge vorkommt?

Wenn es nun irgend einen überzeugenden Beweis von der Richtigkeit meiner Ansicht über den Procefs des Sehens giebt, so ist es zuverlässig der Umstand, dafs ganz dasselbe beim Auge stattfindet, dafs bei anhaltender Wirkung alle Farbenverschiedenheit verschwindet, und von ihnen nur der allgemeine Lichteindruck übrig bleibt. Annähernd sieht man das schon, wenn man versucht einen etwas lebhaft gefärbten Gegenstand ununterbrochen zu betrachten, worüber im nächsten Abschnitt das Nähere nachzulesen ist. Am entschiedensten jedoch spricht dafür ein interessantes Experiment, welches man Brew-

ster verdankt, und dessen Resultat sich leicht genug bestätigen läfst. Man betrachte das Spectrum einer Lichtflamme durch das Prisma anhaltend, so verschwindet zuerst das Roth und Grün, und etwas vom Blau; sieht man immer weiter, ohne das Auge zu verrücken, dann verschwindet sogar das Gelb, geht in Weifs über, so dafs man statt der prismatischen Farben nur ein gleichmäfsig weifses, längliches Bild der Flamme erblickt. Wie gesagt, dieser merkwürdige Versuch gelingt ohne alle Schwierigkeit, und, wie ich beobachtet habe, am schnellsten, wenn man das obere Augenlied mit der Hand fixirt, und am Herunterschlagen hindert. Hat man das weifse Bild nach etwa einer halben Minute erreicht, und läfst man das Augenlied fallen, indem man das Auge sogleich wieder öffnet, so erscheint für einen Moment das Spectrum mit seinen Farben, um dann rasch wieder dem weifsen Bilde Platz zu machen. Hier hat man also einen und denselben Effect von allen Farben des Spectrums, man hat ganz dasselbe, was auf der jodirten Silberplatte stattfindet.

Das Brewster'sche Experiment ist eine so auffallende Beltätigung der in Rede stehenden Ansicht, dafs die Frage aufgeworfen werden mufs, wie die gewöhnliche Meinung über den Act des Sehens dasselbe erklären wird? Man wird hier ohne Zweifel auf die complementären Farben zurückgehen, und behaupten, dafs sich mit dem primären Eindruck einer gewissen Farbe nach einiger Zeit der complementäre entwickele, sich mit ihm verbinde und dann Weifs erzeuge. Diefs jedoch würde man kaum eine Erklärung nennen können, da, wenn man auf das Wesen der Farbe zurücksieht, als auf eine bestimmte Anzahl von Oscillationen des Aethers in einer gewissen Zeit, man mit einer solchen Erklärung keinen präcisen Sinn verbinden kann. Die Vorstellung von dem Einflufs der complementären Wirkungen im Auge, die wir weitläufiger im nächsten Abschnitt behandeln wer-

den, scheint uns in der That nur ein Nothbehelf gewesen zu seyn, die subjectiven Farben darunter zu reihen; während die dahin gehörigen Erscheinungen nach unserer Ansicht leicht und ohne Hülfe eigenthümlicher Lebensthätigkeit abzuleiten seyn werden.

Man ist in jetziger Zeit fast allgemein der Ansicht, dafs es eigene chemische Strahlen, verschieden also von den leuchtenden, gebe, namentlich gilt diese Ansicht in Frankreich. Meine Behauptung über den Vorgang beim Sehen könnte natürlich neben einer solchen Ansicht nicht bestehen; allein mir ist auch kein anderes Factum bekannt, als die Existenz *dunkler*, sogenannter chemischer Strahlen, welche für diese Ansicht zu sprechen scheinen. Ich kenne mindestens keine andere Erscheinung, welche sie unterstützte, und die Versuche über den Durchgang chemischer Strahlen durch gewisse Substanzen wird doch Niemand im Ernst hierbei geltend machen. Es schien mir noch am natürlichsten, das polarisirte Licht in seiner Einwirkung auf empfindliche Stoffe zu untersuchen, ob sich hierbei etwas herausstellte, welches eine Sonderung der chemischen Strahlen des Lichts von den leuchtenden nöthig machte. Ich habe kein Phänomen der Art bei Versuchen, auf mannichfache Weise abgeändert, beobachten können, und will man eigene chemische Strahlen bestehen lassen, dann mufs man mindestens hinzufügen, dafs sie vollkommen denselben Gesetzen, in Bezug auf Interferenz und Polarisation, unterworfen seyen, als die leuchtenden Strahlen. Es ist mir gelungen, durch den Kalkspath sehr vollendete Bilder nach Art der Daguerre'schen zu erhalten, welche in jeder Beziehung einander gleich waren. Ich verfuhr zu dem Ende so, dafs ich unmittelbar vor der Linse der Camera obscura (die man am besten von einer kurzen Brennweite nimmt) ein achromatisirtes Prisma von Kalkspath anbrachte, und das Prisma so stellte, dafs die beiden Bilder des Objects erschienen. Zum Object würde man hierbei nicht gut eine

Gegend mit Gebäuden wählen, wo das Ueberdecken der beiden Bilder nicht zu verhindern ist; besser wählt man dazu eine Statue. Bei den achromatischen Kalkspathprisma ist nur eines der Bilder, das gewöhnliche, farblos; das andere zeigt farbige Ränder, welche jedoch der Deutlichkeit des Bildes, nach meinen Versuchen, keinen Eintrag thun. Ich nahm ferner das Ringsystem im Kalkspath auf, welches sich überaus fein darstellte. Gewöhnlich verfuhr ich dabei so, dafs ich den häufig vorkommenden Apparat, Kalkspath mit zwei parallelen und senkrecht auf der Axe stehenden Flächen zwischen zwei Nicolrhomboëder, unmittelbar vor der Linse der Camera obscura befestigte, und das Ganze auf den hellen Himmel richtete. Ferner stellte ich die Figuren schnell gekühlter Gläser auf der Silberplatte dar, zuweilen in der Art, dafs zwischen dem Glase und der Linse ein Kalkspathprisma angebracht wurde, um die beiden complementaren Figuren zugleich zu erhalten. Diese Versuche und andere solcher Art gelangen vollkommen, und zeigen auf's Bestimmteste, dafs, wenn es chemische Strahlen giebt, sie eben so polarisirt werden, als die leuchtenden. Z. B. lehrt das schwarze Kreuz auf dem Bilde eines schnell gekühlten Würfels, dafs die chemischen Strahlen von gekreuzten Spiegeln im Polarisationsapparat so wenig reflectirt werden, als die leuchtenden unter diesen Umständen.

Wenn man diese Versuche wiederholen will, so wird es erwünscht seyn, hier die Zeit angegeben zu finden, welche sie erforderten, um mindestens einen ungefähren Maafsstab dafür zu haben. Die Linse meiner Camera obscura hatte eine Brennweite von etwa 99 Millim. und eine Apertur von 15 Millim. Durch das Kalkspathprisma wurde das Doppelbild, wenn Chlorjod angewandt wurde, und das Object eine weifse Büste in der Sonne war, innerhalb 1' erhalten. Das Ringsystem bildete sich auf blofsem Jodsilber, ohne Chlorjod, und an einem trüben

Tage in $2\frac{1}{2}$ Stunden ab, die schnell gekühlten Gläser in ungefähr derselben Zeit. Man sieht also, dafs der geringen Lichtintensität wegen, und wenn man das Chlorjod nicht benutzt, zuweilen Stunden zu diesen Versuchen nöthig sind. Daher wird es dann nöthig seyn, in einem verfinsterten Zimmer zu operiren, und alles seitliche Licht wohl abzusperren.

Wenn aus den bisherigen Versuchen folgt, dafs die chemischen Strahlen keinen Unterschied von den leuchtenden in Bezug auf Reflexion, Brechung, Interferenz und Polarisation zeigen, so ist die Annahme eigenthümlicher chemischer Strahlen wohl nicht zu rechtfertigen. Nach der Ansicht, die ich über die Wirkung des Lichts auf die Retina aufstelle, würde die Sache vollends anders zu stehen kommen. Es ist schon anderweitig die Meinung ausgesprochen worden, dafs man sich einen leuchtenden Körper als einen solchen zu denken habe, von welchem Strahlen der mannichfachsten Art, d. h. mit den verschiedensten Translations- und Oscillationsgeschwindigkeiten ausgehen. Das Factum, dafs Licht von Sternen, nach denen die Erde sich hinbewegt, denselben Brechungsindex lieferte, als Licht von Sternen von denen die Erde sich entfernt, führte Arago schon vor längerer Zeit auf diese Ansicht [1]). Von den verschiedenartigen Strahlen des leuchtenden Körpers, mufs man nun annehmen, wirkt nur ein gewisses System auf diesen sensiblen Stoff, ein anderes System auf jenen, und zu den sensiblen Stoffen gehört nun auch die Retina. Es giebt ein gewisses System von Strahlen, welche allein auf sie wirken und den Eindruck der Farbe hervorbringen. Diefs System ist nicht ausgedehnter, als es bei andern Stoffen vorkommt; denn es giebt, wie gesagt, ein Silberjodid, welches von allen Farben so gut wie die Retina afficirt wird. Wenn dem so ist, kann die Möglichkeit *dunkler* chemischer Strahlen nicht geläugnet werden; es würden dann Strahlen

1) Poisson, *Traité de mécanique, 2me edit. Tom. I* §. 168.

seyn, welche auf die Retina nicht wirken, aber wohl auf andere sensible Stoffe. Und dem steht a priori nichts entgegen. Ritter hat bekanntlich solche dunkle Strahlen bei der Wirkung des Lichts auf das Chlorsilber gefunden, indem er eine Schwärzung desselben noch über das Violett des Spectrums hinaus beobachtete, und Wollaston, Seebeck und Andere haben diese Entdeckung bestätigt. Ich selbst habe sie in der finsteren Stube geprüft, ohne zu einer Gewifsheit darüber gekommen zu seyn. Die Gränze des Violett ist so leicht nicht anzugeben; auch würde sie für verschiedene Augen und für dasselbe Auge je nach den Umständen sicherlich verschieden seyn. Aufserdem mufs man, ohne Heliostat operirend, das Papier verschieben, welches die Zuverlässigkeit sehr verringert. Inzwichen habe ich diesen Versuchen zur Zeit, wo ich sie anstellte, nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt, da ich damals kein grofses Interesse daran nahm, und so will ich durch sie nicht im Geringsten einen Zweifel gegen die Existenz dunkler und doch wirkender Strahlen erheben, welche aufserdem für die in Rede stehende Ansicht, wie gesagt, ganz gleichgültig wären. Herschel [1]) hält es sogar für möglich, dafs einige Thiere, z. B. Insecten, von keiner derjenigen Farben eine Empfindung erhalten, welche wir wahrnehmen, sondern ihre Eindrücke einer Art Schwingungen verdanken, welche jenseits unserer Gränzen liegt. Dasselbe behauptet Wollaston sogar von ihren Wahrnehmungen des Schalls [2]).

Ich wende mich jetzt zu der interessanten Frage nach der *Empfindlichkeit* der Retina für die Lichtwirkung in Vergleich mit den bis jetzt bekannten anderweitigen sensiblen Stoffen. Diese Empfindlichkeit kann aus

1) Vom Licht, §. 567.

2) *Philosophical transactions for* 1820, *London*. — *Edinb. Phil. Journal*, *VII*. 158.

zwei Gesichtspunkten betrachtet werden: 1) ihrem Grade nach, und 2) ihrer Veränderlichkeit nach; denn das Auge hat unläugbar die Fähigkeit, seine Empfindlichkeit der gegebenen Lichtintensität gemäfs zu adaptiren, und es mufs das Mittel besitzen dieselbe wieder herzustellen, nachdem sie in Anspruch genommen worden ist. Ich werde zeigen, dafs in beiderlei Rücksicht nichts vorhanden sey, wodurch die Retina sich ungewöhnlich von den anderweitigen, der Lichtwirkung unterworfenen Substanzen unterscheide.

Was zuerst den *Grad* der Empfindlichkeit betrifft, so ist derselbe bei der Retina unzweifelhaft sehr bedeutend; nur halte man ihn nicht für übermäfsig gröfser, als er z. B. bei den Silberverbindungen beobachtet wird. Es ist schon angeführt worden, dafs wenn das Jodsilber den Dämpfen des Chlorjods ausgesetzt wird, seine Empfänglichkeit aufserordentlich gesteigert wird (nach meinen Versuchen scheint es als wenn dadurch die Zeit auf $\frac{1}{10}$ der sonst nöthigen herabgesetzt würde). Gaudin will in neuester Zeit gefunden haben, dafs die Dämpfe des Bromjods noch vortheilhafter wirken, und will Bilder in einer Zeit erhalten haben, die er auf $\frac{1}{10}$ Secunde schätzt [1]). Die Hauptsache jedoch ist, hierbei nicht zu vergessen, dafs wir, um ein Daguerre'sches Bild zu erlangen, eine bestimmte Anforderung an die Wirkung des Lichts stellen, nämlich das Jodsilber in den Stand zu setzen die Quecksilberdämpfe niederzuschlagen. Diefs ist eine specielle Forderung, welche, um erfüllt zu werden, eine gewisse Zeit in der Camera obscura nöthig macht. Das Licht aber hat schon viel früher gewirkt, und das würde sich zeigen, wenn wir nur Reagentien dafür besäfsen. Das rothe Glas ist ein solches; es lehrt, dafs lange vor dem Zeitpunkt, in welchem wir die Platten aus der Camera obscura nehmen, das Bild schon auf der Platte sey, mit allen seinen Details und Schattirungen, und ohne

1) *Comptes rendus hebd.* 18. *Octobre*, 1841.

Zweifel wird man noch andere Mittel finden, die Existenz des Bildes in den früheren Stadien nachzuweisen. Das Stadium, in welchem wir die Lichtwirkung benutzen, läfst sich im Grunde mit der Zeit, in welcher die äufseren Objecte von der Retina wahrgenommen werden, nicht vergleichen. Denn jenes Stadium entspricht, wie ich vorhin anführte, dem Zustande der Retina, wo ihr in dem Brewster'schen Experiment die Farben des Spectrums verschwinden, und einem gleichmäfsigen Eindruck von Weifs Platz machen. Das ist ein unnatürlicher, erst nach einiger Zeit, nach einer halben oder ganzen Minute anhaltender Betrachtung zu erreichender Zustand. Will man also das Jodsilber mit der Retina in Bezug auf die erforderliche Dauer der Lichtwirkung in Vergleich stellen, dann entspräche die Zeit, welche die Silberplatten in der Camera obscura bedürfen, der Zeit, welche die Retina bedarf in jenen anomalen Zustand der Ununterscheidbarkeit für die Farben zu gerathen, und beide Zeiten sind commensurabel. Einer meiner Bekannten stellte das Bild einer gewöhnlichen Kerzenflamme auf dem reinen Silberjodid in zwei Minuten vollständig dar, Draper das Bild einer Argand'schen Gasflamme sogar in 15 Secunden, ebenfalls ohne Chlorjod. Das sind keine unverhältnifsmäfsig gröfsere Zeiten, als die Retina verlangt, um in einen ähnlichen Zustand zu gerathen. Freilich werden diese Zeiten bei schwacher Lichtintensität gröfser ausfallen; allein dann ist für jetzt kein Vergleich mit der Retina möglich, und zwar aus dem Grunde, weil sie in den besprochenen anomalen Zustand gar nicht zu bringen ist, wenn ihr Farben von sehr geringer Intensität dargeboten werden.

Was das gewöhnliche normale Sehen anbetrifft, so ist man allgemein der Meinung, dafs dasselbe ebenfalls nicht instantan geschehe, vielmehr eine gewisse, wenn auch kleine Zeit erfordere. Es ist diefs an und für sich schon wahrscheinlich, und Fechner schliefst aus der

Thatsache, nach welcher ein schwarzer Fleck auf einer rasch gedrehten weifsen Scheibe eben sowohl eine dunkele Kreisspur giebt, als ein weifser Fleck auf einer schwarzen eine helle, dafs der Eindruck im Auge erst nach einer gewissen Zeit sich im Maximum geltend mache [1]). Eine ähnliche Erscheinung bei farbigen Scheiben deutet dieser Gelehrte in demselben Sinne [2]). Uebrigens scheint es mit der Retina wie mit empfindlichen Papieren sich zu verhalten, welche anfangs sehr rasch afficirt werden, wie ich fand und wie auch Andere beobachtet haben, sogar rascher als das Silberjodid, welche aber eine lange Zeit erfordern, ehe die späteren Erscheinungen, die ich oben beschrieben habe, eintreten. Dieses letztere ist auch bei der Retina der Fall, in sofern sie die Nachbilder u. s. w., wie ich zeigen werde, jenen späteren Erscheinungen entsprechend, verhältnifsmäfsig erst nach langer Einwirkung des Lichts liefert.

Was nunmehr den zweiten Punkt, die Veränderung der Empfindlichkeit, betrifft, so ist das Auge ohne Frage fähig dasselbe hervorzubringen, wenn auch, nach der bisherigen Lehre vom Sehen, wonach man die Lichtoscillationen bis zur Retina führte, und dann die Betrachtung fallen liefs, dieser Gegenstand niemals zur Sprache gekommen ist. Eine starke Beleuchtung wirkt auf das Auge anfangs betäubend; es schliefst sich, und erst nach einer mehr oder minder grofsen Zeit sind wir im Stande bei dieser Beleuchtung zu sehen. Umgekehrt tritt der höhere Grad der Empfindlichkeit für die geringen Lichtintensitäten ebenfalls erst nach einiger Zeit ein, wie das hinlänglich bekannt ist. Ich führte vorhin, bei Gelegenheit des Brewster'schen Experiments an, dafs wenn durch eine anhaltende Betrachtung die Farben des Spectrums sich in Weifs verwandelt haben, sie sogleich wie-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. I. S. 202.

2) Fechner's Repertorium, Bd. II S. 213.

der für einen Augenblick erscheinen, wenn das obere Augenlied herunterfiel. Möglich, dafs diese Bewegung mit einem Druck verbunden sey, so wie sie meistens eine Verschiebung des Augapfels zur Folge hat. Der Druck spielt überhaupt beim Auge eine Rolle auf verschiedene Weise. Wir drücken ein stark geblendetes Auge unwillkührlich; wenn wir ein Nachbild auf der Retina haben, welches im Verschwinden begriffen ist, so stellt ein Druck auf das Auge, durch die äufseren Augenmuskeln bewirkt, dasselbe meistens wieder her. Der Druck mittelst des Fingers bringt endlich Lichterscheinungen hervor, der stärkere bekanntlich einen feurigen Kreis, der leisere Farben, und kann, wie Johannes Müller angiebt, eine Farbe in die andere umwandeln. Bei diesen Erscheinungen genügt die ihnen gewöhnlich gewidmete Beschreibung wohl nicht, mindestens schliefst sie noch nicht die Erklärung in sich. Denn es bliebe sonst die Frage, warum der Druck nicht entsprechende Wirkungen auf die Geruchs- und Geschmacksnerven übe, von dem schwerer zu erreichenden Gehörnerven nicht zu sprechen, bei dem wohl etwas Aehnliches wie bei der Retina vorkommt, welches aber noch eine andere Erklärung zuläfst.

Bei der Adaptirung für eine gegebene Lichtintensität ist allerdings die Pupille betheiligt, aber doch nur in geringem Grade. Ihre Veränderungen umfassen einen viel zu kleinen Spielraum, als dafs sie im Stande wären die verhältnifsmäfsig grofsen Schwankungen der Lichtintensität der Aufsenwelt zu reguliren. Und dann verändert die Pupille sich auch, wenn die Lichtintensität ganz dieselbe bleibt. Als z. B. Olbers [1]) den Durchmesser seiner eigenen Pupille im Spiegel maafs, fand er denselben 2‴,01 bei einer Entfernung von 4″
und 2 ,74 - - - - - 28.

1) G. R. Treviranus, Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge, Bremen 1828. Heft I.

Die Oeffnung der Pupille war daher im Verhältnifs von 1,86 gröfser geworden, obgleich das betrachtete Object dieselbe Lichtintensität behalten hatte. Nach Lambert ergeben sich die Veränderungen sogar noch um Vieles gröfser [1]). Es ist auch schon im Abschnitt über die Adaptirung nachgewiesen, dafs die Zusammenziehung und Erweiterung der Pupille im Allgemeinen andere Zwecke zu erfüllen hat, als den in Rede stehenden, und daher müssen anderswo die Mittel gegeben seyn, wodurch die Empfindlichkeit der Retina modificirt, d. h. gesteigert und vermindert, und durch welche die in Anspruch genommene Empfindlichkeit wieder auf ihren normalen Zustand gebracht werden könne.

Bei der vorhabenden Untersuchung wurde ich theilweise durch die Ansicht geleitet, dafs möglicherweise der Druck auf die Retina das fragliche Mittel sey, und dadurch aufgefordert zu versuchen, ob nicht etwas dem Aehnliches bei den anderen für das Licht empfindlichen Stoffen vorkomme. Es ist mir geglückt eine Reihe von Thatsachen und einige allgemeine Gesetze zu entdecken, die, wie mir scheint, zu den merkwürdigsten dieser Sphäre gehören und neue Aussichten versprechen. Ich werde diese Thatsachen in der Reihefolge beschreiben, in der sie sich mir darboten, weil sie so die leichteste Uebersicht gewähren möchten.

Es ist eine wohl sehr lange bekannte Thatsache, dafs wenn man auf einer gut polirten Glastafel mit gewissen Substanzen schreibt und die Tafel hierauf reinigt, die Charaktere jedesmal durch die Wasserdämpfe zum Vorschein kommen, wenn man darüber haucht. Man hat den Versuch auch so angestellt, dafs man eine Münze auf eine Glastafel legte, sie behauchte und hierauf die Münze entfernte; bei späterem Behauchen der Tafel sah man dann die Gestalt der Münze, freilich nur dem äufseren Contour nach.

1) Photometria etc., §. 853.

Diefs ist Alles, was ich von dieser Art gefunden habe. Inzwischen hat man das Phänomen viel zu sehr beschränkt; man kann auf die Glastafel, mit welcher Substanz man wolle, schreiben; die nachherige Erscheinung bleibt dieselbe. Man kann ferner die Glastafel zuerst gleichmäfsig behauchen, dann mit Fliefspapier, einem Pinsel oder sonstigem darauf schreiben; man wird die Charaktere bei jedem späteren Behauchen wahrnehmen, und erst nach einiger Zeit verliert sich die Erscheinung. Und nun ist auch die Glastafel nicht unumgänglich, sondern jeder polirte Körper zeigt ganz dasselbe, wovon ich mich an Metallen, Harzen, Holz, Pappe, Leder u. s. w. überzeugt habe. Ja, was interessant ist, Flüssigkeiten sind zu dem Versuch ebenfalls brauchbar. Man nehme eine sehr reine und ruhige Quecksilberoberfläche, halte irgend einen Körper darauf, und behauche den übrigen Theil, oder, was noch besser ist, man behauche zuerst, und nehme den Wasserdampf an einzelnen Stellen auf irgend eine leichte Weise fort, und man wird die deutlichsten Spuren davon bei jedem Behauchen, wenn das Quecksilber ruhig stand, noch nach vielen Tagen wahrnehmen. Auch die *Berührung* mit einem fremden Körper ist nicht nöthig, sey es vor dem Behauchen, sey es um den niedergeschlagenen Dampf von einzelnen Stellen zu entfernen. Man halte über einen polirten Körper irgend einen ausgeschnittenen Schirm, ohne jenen zu berühren, man behauche auf eine passende Weise und lasse das Wasser verdunsten; das spätere Behauchen wird dann die Figur des Ausschnitts deutlich erkennen lassen. Und endlich bedarf es dazu auch eben keines polirten Körpers, da *mattes* Glas dasselbe zeigt. Diese Erscheinungen sind also sehr allgemein, und es schien nicht unmöglich, dafs sie, weiter verfolgt, für den vorhabenden Zweck wichtig würden: denn es ist wohl an und für sich klar, dafs bei ihnen die Oberflächen eine Veränderung irgend welcher Art erlitten. Ich dachte, dafs hierbei

Temperaturdifferenzen eine Rolle spielen möchten, und diese Meinung schien sich zu bestätigen. Eine gravirte Metallplatte wurde erwärmt und etwa eine halbe Minute auf eine reine Spiegelplatte oder auf ein gut polirtes Stück Silberblech gehalten. Als die Platten wieder erkaltet waren, wurden sie behaucht, und zeigten die bisherigen Erscheinungen auf eine ungleich vollendetere Weise, nämlich nicht den bloſsen Umriſs des Körpers, sondern die einzelnen Figuren, Buchstaben u. s. w. mit groſser Deutlichkeit. Oft wurden Silber oder einige andere polirte Metallplatten erhitzt, und kalte Körper, verschiedene geschnittene Steine, kleine Körper aus Horn, Pappe, Kork, Silbermünzen und dergleichen einige Zeit darauf gelegt. Die Erscheinungen waren im Allgemeinen dieselben, auch habe ich keinen Unterschied bei Anwendung dieser verschiedenen Körper wahrgenommen, weder hier noch in den folgenden Versuchen.

Da ich nun deutliche Bilder auf vielen Körpern erzeugen konnte, so lieſsen sich die Platten auf Dämpfe anderer Art untersuchen. Eine Silberplatte, dem Vorigen gemäſs zubereitet, wurde, ohne vorher behaucht worden zu seyn, den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, indem das Quecksilber eine Temperatur von einigen 60 Graden R. erhalten hatte. Der Erfolg des Versuchs war die angenehme Ueberraschung, daſs die Quecksilberdämpfe ganz dasselbe leisteten als die Wasserdämpfe, und noch viel vollkommener: es entstand ein schönes, im Detail sehr deutliches Bild der früher darauf gefallenen Objecte. Jetzt wurden *Joddämpfe* versucht, welche besonders deſshalb interessant sind, weil sie sich mit dem Silber chemisch verbinden, während die Quecksilberdämpfe von der kalten Platte nur condensirt werden und an ihr adhäriren, ohne sich mit der Substanz des Silbers zu verbinden. Eine ähnlich zubereitete Silberplatte wurde gelb jodirt, und nunmehr sah man in der That in einigen Fällen das deutliche Bild der früheren Objecte mittelst ver-

schiedener Färbung; in anderen Fällen war das Bild noch nicht wahrzunehmen. Solche Platten brachte ich nunmehr in die Quecksilberdämpfe, wo dann das vollkommen deutliche Bild sichtbar wurde, also die Daguerre'sche Erscheinung nur in diesem Falle ohne die Einwirkung des Lichts hervorgebracht, denn die Versuche gelangen des Nachts so gut als am Tage. Andere solcher Platten, welche nach dem Jodiren noch nichts zeigten, brachte ich in's Tages- oder Sonnenlicht, wo sich dann schnell das Abbild der früher darauf gelegten Objecte mit aller Feinheit erzeugte. Ich kann nicht die Absicht haben alle einzelnen Versuche dieser Art hier mitzutheilen, welches die Gränzen dieses Abschnitts überschreiten hieſse. Ich will daher nur anführen, daſs die Dämpfe von Chlor, Chlorjod dasselbe leisteten; daſs man die Erscheinungen auch auf geschwärztem Silberjodid, auf Kupfer, Stahl u. s. w. hervorbringen kann, obgleich ich dem letzteren Körpern keine gute Politur geben konnte. Selbst Platin und schwarzes Spiegelglas habe ich zu Versuchen dieser Art benutzt, nicht bloſs durch die Wasserdämpfe, sondern auch durch die Quecksilberdämpfe, welche ebenfalls von ihnen condensirt werden und adhäriren.

Das Ergebniſs dieser Versuche ist von einer beträchtlichen Wichtigkeit. Die Entdeckung Daguerre's besteht, wie schon bemerkt worden, physikalisch genommen darin, daſs durch die Einwirkung von Licht auf Silberjodid ein Zustand hervorgebracht werde, der Art, daſs die Quecksilberdämpfe condensirt werden und an den Stellen adhäriren. Diese eigenthümliche Wirkung des Lichts stand bis dahin ganz isolirt. Wir haben hier dieselbe Wirkung nur viel allgemeiner: durch die Berührung einer polirten oder reinen Fläche mit einem erwärmten Körper, oder umgekehrt durch die Berührung einer erwärmten Oberfläche mit einem kalten Körper, werden einzelne Theile dieser Fläche in den Zustand gebracht,



Dämpfe aller Art zu condensiren und zur Adhäsion zu bringen. Und man bemerke, selbst wenn die Dämpfe sich chemisch mit der Substanz verbinden, wie z. B. die Joddämpfe mit dem Silber und Kupfer, so macht sich dieser durch die Berührung hervorgebrachte Zustand eben so bestimmt geltend, theils durch eine verschiedene Farbe, welche einen verschiedenen Grad der Verbindung anzeigt, theils so, dafs nachher im Licht oder in den Quecksilberdämpfen das Abbild deutlich hervortritt. Ja, wenn eine Silberplatte die Berührung eines Körpers erfahren hat, so kann man sie nachher nicht allein den Joddämpfen, sondern auch noch denen des Chlorjods, Bromjods aussetzen, und doch erhält man das Bild durch Quecksilber oder Licht.

Die Wirkung des Lichts war also durch meine Versuche nachgeahmt und sehr erweitert, und zwar, wie es schien, durch Anwendung ungleicher Temperaturen. Allein diese letztere Ansicht konnte nicht lange bestehen: man braucht nur einmal eines der vorhin beschriebenen Bilder, wenn es gehörig gelungen ist, zu betrachten, um sich zu überzeugen, dafs solche Bilder, auf denen man oft die feinsten Striche des Originals wahrnimmt, durch Temperaturdifferenzen, zumal auf einer gut leitenden, dünnen Metallplatte, nicht erzeugt werden können. Auch die Mannichfaltigkeit der angewandten Substanzen verbietet eine solche Ansicht. Es war daher vor Allem nöthig zu versuchen, ob die Erscheinungen sich nicht eben so gut ohne Anwendung der Wärme erzeugen liefsen, und diefs ist gelungen. Ich habe zu dem Ende alle zu dem Versuch gebrauchten Körper Stunden lang in einem und demselben geschlossenen Raum erhalten, hierauf eine Berührung von 10 Minuten oder auch mehreren Stunden eintreten lassen, und dann die Platten den verschiedenen Dämpfen ausgesetzt, und auf diese Weise dieselben Erscheinungen ganz in derselben Feinheit erhalten. Mitunter, besonders bei Anwendung von Glas, schien eine Er-



Erwärmung vortheilhaft; allein wohl nur, weil dann die Berührung besser vor sich ging, indem Feuchtigkeit und andere adhärirende Gase von dem Körper entfernt wurden.

Die gefundene Thatsache lautet somit doch anders: *Wenn eine Oberfläche an einzelnen Stellen von irgend einem Körper berührt worden ist, so hat sie die Eigenschaft erhalten, alle Dämpfe, die überhaupt an ihr adhäriren, oder mit denen sie eine chemische Verbindung eingeht, an diesen Stellen anders als an den unberührten Stellen zu condensiren.* Hierdurch entsteht eben das Abbild des berührenden Körpers.

Ich habe zu bemerken, dafs ich genöthigt bin, mich wegen dieser Condensirung der Dämpfe vorläufig unbestimmt auszudrücken, dafs ich also nicht sagen kann, die berührten Stellen condensirten dieselben stärker oder schwächer. Das ist im Allgemeinen nicht zu sagen, weder hier noch selbst bei der Daguerre'schen Platte, und ich werde bald nachher auf das wahre, sehr merkwürdige Verhalten der Dämpfe in dieser Beziehung zurückkommen.

Wenn die vorigen Versuche schon lehrten, dafs durch Berührung die Wirkung des Lichts nachgeahmt werden könnte, so wird das durch folgendes Experiment aufs deutlichste bewiesen. Eine Silberplatte wurde des Nachts und sogar ohne Kerzenlicht, jodirt, hierauf eine vertieft geschnittene Achatplatte, eine gravirte Metallplatte, ein Hornring u. s. w. darauf gelegt, und die Platte dann in die Quecksilberdämpfe gebracht. Es entstand ein gutes, deutliches Bild aller Figuren des Steins, der Buchstaben der Metallplatte, des Ringes u. s. w. Eine auf ähnliche Weise behandelte Platte wurde am Tage in die Sonne oder in's Tageslicht gelegt, und liefs ihre Bilder eben so gut sehen. Andere Platten derselben Art wurden unter farbige Gläser gelegt, und zwar unter gelbe, rothe und violette. Unter den beiden ersteren entstand nur eine

Spur der Bilder, dagegen unter dem violetten Glase sehr entschieden ausgeprägte. Diefs Resultat war im Grunde vorherzusehen; denn die Modification, welche die Berührung auf Platten hervorbringt, entspricht in den meisten Fällen den ersten Stadien der Lichtwirkung, wo die rothen und die gelben Strahlen noch von keinem Einflufs sind, wie früher schon gezeigt worden ist. Bei diesen Versuchen sieht man daher die violetten Strahlen die Wirkung *fortsetzen*, welche die Berührung angefangen hat, und man könnte ihnen also eine fortwirkende Kraft zuschreiben, wie sie Becquerel den rothen Strahlen beilegt, wenn ich nicht schon hinlänglich gezeigt hätte, dafs dieser ganze Unterschied von erregenden und fortwirkenden Strahlen einer reellen Basis ermangele.

Bei den so eben beschriebenen Phänomenen war eine jodirte Silberplatte durch Berührung in denselben Zustand gebracht worden, in welchen sie durch das Licht versetzt wird; allein, wie schon angegeben, sind diese Erscheinungen auch auf andere Flächen, z. B. auf einer reinen Silberplatte zu erzeugen. Somit waren die Erscheinungen mittelst Berührung schon sehr viel weiter geführt, als bis jetzt vom Licht bekannt ist, dessen Einwirkung auf einfache oder schwer veränderliche Substanzen, wie etwa Glas, noch niemals nachgewiesen worden ist. Es war nunmehr nöthig die Wirkung des Lichts auf Substanzen solcher Art zu prüfen.

Eine noch nicht gebrauchte Silberplatte wurde auf's Beste gereinigt und polirt. Ueber dieselbe, allein ohne sie zu berühren, wurde eine schwarze mit mannichfachen Charakteren ausgeschnittene Tafel angebracht, und das Ganze zwei oder mehrere Stunden in die Sonne gelegt, und ihr nachgerückt. Nachdem die Platte, welche natürlich nicht das Mindeste zeigte, erkaltet war, wurde sie über Quecksilber gebracht, welches wie gewöhnlich einige 60 Grade R. erwärmt wurde. Zu meiner grofsen Freude entstand nunmehr das deutliche Bild des Schirms,

indem an den Stellen, wo das Sonnenlicht (welches übrigens in der ganzen Zeit dieser Versuche sehr schwach und veränderlich war) gewirkt hatte, sich viel Quecksilber niederschlug. Dieser interessante Versuch wurde mehrere Male mit demselben Erfolg wiederholt, zuweilen auch die Platten, nachdem sie aus den Quecksilberdämpfen genommen, den Joddämpfen ausgesetzt, dann frei in die Sonne gelegt, wodurch die Bilder häufig gewannen.

Wenn man diese merkwürdige Thatsache der Wirkung des Lichts auf reine Silberflächen mit den vorhin durch Berührung erlangten Erscheinungen zusammenhält, so bleibt schon wenig Zweifel, dafs das Licht auf *alle* Substanzen einwirken werde, indem es ihnen die Modification ertheilt, sich mit Bezug auf die Condensirung der Dämpfe verschiedentlich zu verhalten. Diesen richtigen Satz vorläufig noch plausibler zu machen, unterwarf ich eine reine Kupferplatte demselben Versuch, sogar bei sehr ungünstiger Witterung. Es war mir nicht gelungen dem Kupfer eine gute Politur zu geben, und das nachherige Bild war, durch die Quecksilberdämpfe hervorgebracht, schwach, wenn auch deutlich wahrnehmbar. Als ich jedoch diese Platte nachher den Joddämpfen aussetzte, wurde das Bild sehr stark, und diefs Verfahren hat mir überhaupt beim Kupfer sehr gute Dienste geleistet.

Endlich untersuchte ich in derselben Art die Wirkung des Lichts auf eine Platte von reinem *Spiegelglas;* hier war die Wirkung so deutlich wie auf der Silberplatte, wenn man nachher die Tafel behauchte, und ich habe längere Zeit nachher noch das Bild auf diese Weise entstehen sehen.

Wenn man die Verallgemeinerung zugesteht, so wäre also folgender Satz gefunden: *Das Licht wirkt auf alle Substanzen, und man kann seine Wirkung durch alle Dämpfe prüfen, die an der Substanz adhäriren oder auf sie chemisch einwirken.* Man ist auch sicherlich auf

die bisher von mir angewandten Dämpfe nicht beschränkt, und wird ohne Zweifel den Dämpfen von Fluorwasserstoff eine zweckmäfsige Spannung geben können, um die Lichtwirkung auf Glas eben so gut nachzuweisen, und dann die Bilder zu ätzen. Ich habe mich auf dergleichen Fragen nicht einlassen mögen, da es viel interessanter war, die zu Grunde liegenden Gesetze aufzufinden.

Wie man nunmehr sieht, ist die Daguerre'sche Entdeckung der specielle Fall einer sehr allgemeinen Wirkung; denn dieser Fall lehrt blofs die Wirkung des Lichts auf Jodsilber durch die nachherige Condensirung der Quecksilberdämpfe erkennen.

Es schien mir, ehe ich weiter ging, nöthig, mindestens in einem Falle die Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen auf einfache Substanzen zu prüfen. *A priori* läfst sich hierüber nichts sagen; denn ich habe schon früher bewiesen, dafs man den violetten und blauen Strahlen keine ausschliefslich chemische Wirksamkeit zuschreiben könne. Meine vorläufigen Versuche haben in dieser Beziehung gelehrt, dafs auf das reine Silber nur die Strahlen letzterer Art von Einflufs sind, indem ich durch Gläser dieser Farben deutliche Bilder erhielt, durch rothe Gläser, obgleich sie mehr Licht und Wärme durchliefsen, jedoch kaum eine Spur wahrnehmen konnte. Inzwischen hat mich die Witterung bei dieser ganzen Gruppe von Versuchen nicht besonders begünstigt, so dafs ich diese und viele andere Versuche einstweilen aufzugeben genöthigt gewesen bin.

Ich werde nunmehr die Art und Weise beschreiben, wie die verschiedenen Dämpfe auf den Platten condensirt werden. Meine ersten Versuche mit dem Behauchen waren natürlich auch darauf gerichtet, zu sehen ob die unberührten Stellen, wie die vertieften Figuren eines gravirten Steines, heller oder dunkler erschienen. Erschienen sie schwarz, so schlugen sich die Dämpfe ausschliefslich oder doch vorzugsweise an den berührten Stellen

nieder, und umgekehrt wenn sie weiſs erschienen. Das Phänomen zeigte sich jedoch complicirt und scheinbar regellos; denn ich erhielt unter denselben Umständen beim Behauchen helle und dunkle Figuren, sogar beide Arten zu gleicher Zeit, und endlich an einer und derselben Figur anfangs ein weiſses, bei stärkerem Behauchen ein dunkles und dann wieder ein weiſses Bild. Aehnlich complicirte Erscheinungen zeigte das Quecksilber, es lag auf den unberührten Stellen vorzugsweise oder umgekehrt auf den berührten Stellen; oft war es abwischbar, oft, trocken mindestens, nicht herunterzureiben. Und endlich lieſsen auch die Joddämpfe an Unregelmäſsigkeit nichts zu wünschen übrig. Die vorher auf dem Silber berührten Stellen erschienen nachdem die Platte jodirt worden, bald heller, bald dunkler als die unberührten. In's Licht gebracht wurden die ersteren oder die zweiten Stellen früher geschwärzt. Einmal zeigten sich im Licht die Buchstaben eines Pettschafts zuerst schwarz, dann wurde die Umgebung dunkler und die Buchstaben erschienen heller, dann wieder umgekehrt die Buchstaben dunkler, wie es dann viele Tage sich erhielt. Diese Umkehrung ist leicht aus dem zu erklären, was früher über die alternirende Wirkung des Lichts auf Jodsilber mitgetheilt worden, und wäre also begreiflich, wenn nur die vertieften Figuren eines geschnittenen Steines, welcher auf derselben Platte mit dem Pettschaft gelegen hatte, auch dieselben Erscheinungen gezeigt haben würden. Dem war jedoch nicht so; diese Figuren, obgleich den Buchstaben des Pettschafts ganz analog, waren am Licht anfangs heller als der Grund, auf dem sie erschienen, dann wurden sie dunkler und blieben es mehrere Tage. Dieſs mag genügen die Complicirtheit dieser Erscheinung darzuthun, die zu heben mir erst nach langer Bemühung gelungen ist, wobei sich Thatsachen herausgestellt haben, die das Seltsame dieser Condensirung der Dämpfe noch sehr steigern.

Die Quecksilberdämpfe schienen mir zur Untersuchung des vorliegenden Gegenstandes das geeignete Mittel; sie wirken sehr fein, bringen einen dauernden Effect hervor, und lassen sich in verschiedentlich hoher und niederer Spannung leicht anwenden. Es war nun auch eben nicht nöthig Bilder durch Berührung zu untersuchen; das gewöhnliche Daguerre'sche Bild unterscheidet sich in Nichts von ihnen, und mufste ganz dasselbe finden lassen. Jodirte Silberplatten, oft auch noch dem Chlorjod ausgesetzt, wurden daher in die Camera obscura gebracht, die richtige Zeit darin gelassen, und dann über Quecksilber gehalten, welches nach und nach erwärmt wurde. Auf diese Weise sind die folgenden Thatsachen ermittelt worden.

Schon aus den vorhergehenden allgemeinen Gesetzen wird es klar seyn, dafs man der Platte keine bestimmte Neigung gegen die Dämpfe, etwa die von 45°, welche immer angegeben wird, zu ertheilen braucht. Man kann die Platte stellen wie man will, wenn nur die Dämpfe sie zu treffen vermögen. Ich habe ferner gefunden, was überhaupt für diese Versuche zu wissen nöthig ist, dafs es keine Wirkung von Quecksilberdämpfen höherer Spannung giebt, welche nicht durch Dämpfe niederer Spannung, nur in einer verhältnifsmäfsig längeren Zeit, erlangt werden könnte. Man braucht z. B. zu den Daguerre'schen Bildern das Quecksilber nicht zu erhitzen, sondern kann die Platte, wenn sie aus der Camera obscura kömmt, über kaltes Quecksilber legen, und man wird in einer oder mehreren Stunden das Bild in derselben Vollkommenheit erhalten. Auch die complicirten Wirkungen der Quecksilberdämpfe die ich zu beschreiben haben werde, gelingen mit Dämpfen höherer wie niederer Elasticität, nur bedürfen sie im letzten Fall eine sehr viel längere Zeit. Diefs ist darum zu wissen oft sehr gut, weil man in den vorigen Experimenten durch einmaliges Erhitzen des Quecksilbers zuweilen kein Bild erhält; man lasse

dann die Platte über dem kalten Quecksilber 12, 24 Stunden, und wenn nur sonst richtig operirt worden, so wird das Bild sich zeigen. Den wahren Grund dieses Verhaltens wird man aus dem später Mitzutheilenden leicht entnehmen.

Diefs vorausgeschickt, werde nun eine jodirte Silberplatte, welche die richtige Zeit in der Camera obscura gewesen, in den Quecksilberapparat gebracht und das Quecksilber successive erwärmt. Bei 70° R. etwa wird man das gewöhnliche Bild entstehen sehen [1]); man erhitze weiter bis etwa 100° R. Nimmt man jetzt das Bild heraus so ist es ein *festes* Bild, während die gewöhnlichen Bilder so sehr abwischbar sind. Man kann dieses Bild stark reiben, es verliert nur anfangs etwas von seiner Intensität, dann nicht weiter. Das nasse Reiben jedoch, vollends mit Polirmittel, ertragen diese Bilder in der Regel nicht. Ich habe dergleichen feste Bilder sehr schön und von einer ausgezeichneten Feinheit im Detail erhalten, auch so, dafs ich das Quecksilber nur wie gewöhnlich bis einige 60 Grade erhitzte, und die Platte dann längere Zeit über dem kalten Quecksilber liefs. Will man dergleichen Bilder ätzen, so dürften die festen besonders zu beachten seyn. Man braucht ihnen das Jod auch nicht durch unterschwefligtsaures Natron zu nehmen, weil es eben so gut durch Abreiben bewirkt werden kann. Es könnte scheinen, als ob das Quecksilber bei den festen Bildern nicht blofs adhärirte, sondern mit dem Silber eine Verbindung eingegangen sey; diefs ist aber bei weitem nicht der Fall, wie man sogleich sehen wird.

Man erhitze jetzt das Quecksilber weiter, so nimmt

1) Die Temperaturen werden in verschiedenen Apparaten variiren, nach der Art wie die Platte behandelt worden, nach der Masse des Quecksilbers und der Wärmequelle durch welche dasselbe erwärmt wird, nach der Höhe der Platte über dem Quecksilber, nach ihrer Temperatur u. s. w.

die Platte ein gelbes Ansehen an, und über 120° R. hinaus wird das Bild merkwürdigerweise ein *negatives*, d. h. die hellen Parthieen des Objects erscheinen auf dem Bilde dunkel und umgekehrt die dunklen hell. Erhitzt man noch weiter, so wird dieses negative Bild fest, und reibt man es, so überzeugt man sich, dafs das Quecksilber von den Stellen fortgegangen ist, an denen es vorher adhärirte, denn diese Stellen erscheinen sehr blank; dagegen adhärirt es jetzt an den Stellen auf denen es sich vorher nicht niederschlug. Sind diese negativen Bilder fest, dann hält es meistens sehr schwer, sie von der Platte herunterzubringen; selbst Flüssigkeiten und scharfe Pulver helfen hier nicht immer, und man sieht oft später nach ganz anderen Processen, z. B. in den Chlordämpfen, die deutlichsten Spuren eines solchen alten Bildes.

Diese sonderbaren Erscheinungen, welche die Quecksilberdämpfe zeigen, erklären nunmehr die vorliegende Schwierigkeit über die Art der Condensirung der Dämpfe; denn sie finden bei allen Dämpfen statt. Man lege auf irgend eine polirte Platte einen Schirm, worin Charaktere ausgeschnitten, und hauche darüber. Man entferne den Schirm, lasse den Hauch sich verziehen und behauche von Neuem, so werden die vorhin vom Wasserdampf getroffenen Stellen schwarz erscheinen; man kann diesen Versuch oft wiederholen, und stets mit demselben Resultat. Nunmehr hauche man stärker und etwas anhaltender, so werden die Charaktere in der Regel gerade umgekehrt heller erscheinen als die Umgebung, und zugleich ist das Bild dann meistens zerstört; man sieht nachher nur noch Spuren davon.

Dafs die Dämpfe des Jods entsprechende Erscheinungen zeigen, ist aus dem Früheren schon zu vermuthen und wird später noch bewiesen werden, wo ich diese Dämpfe einer besonderen Betrachtung unterwerfen werde.

Wenn das angegebene Verhalten der Dämpfe bei

fortgesetzter Wirkung befremdend erscheinen sollte, so habe ich zu bemerken, dafs dieses Verhalten kein anderes sey, als das des Lichts selbst, und so wende ich mich jetzt zu dem vielleicht interessantesten Satze dieser Sphäre, dafs *durch die Condensirung der Dämpfe auf Platten in diesen dieselbe Modification erzeugt werde, als wenn das Licht auf sie wirkt.* Diese Identität zweier anscheinend so heterogener Bedingungen war aus den früher beschriebenen Versuchen über das Anhauchen von Flächen freilich schon zu vermuthen; ich werde jetzt die schlagendsten Beweise dafür anführen.

Es ist oft behauptet worden, dafs in den Daguerre'schen Bildern ein naturgemäfses Verhältnifs von Licht und Schatten vorhanden sey. Nichts kann unrichtiger seyn als diese Behauptung, und man braucht nicht viele Bilder dieser Art gesehen zu haben, um das zu wissen. Folgendes ist der wahre Zustand der Sache. Läfst man eine jodirte Silberplatte zu kurze Zeit in der Camera obscura, so zeigt sie nachher in den Quecksilberdämpfen gar kein Bild; es legt sich nur ein leichter Hauch von Quecksilber über die ganze Platte, wie nicht allein hier, sondern auch über die reine Silberplatte und über das geschwärzte Silberjodid. Läfst man die Platte eine längere Zeit in der Camera obscura, so entsteht allerdings ein Bild, worin jedoch nur das hellste sich darstellt, und, worauf es hier ankömmt, diese hellsten Parthieen zeigen sich sehr *weifs*, d. h. die entsprechenden Stellen condensiren viel Quecksilberdämpfe. Läfst man die Platte noch länger in der Camera obscura, so erhält man nachgehends ein Bild mit vielem Detail, allein die hellen Parthieen haben an Weifse verloren, sie erscheinen *grau*, d. h. sie condensiren nicht mehr so viel Quecksilberdämpfe. Läfst man die Platte noch länger in der Camera obscura, so sieht man noch immer beim Herausnehmen kein Bild; bringt man sie jedoch nunmehr in die Quecksilberdämpfe, so entsteht ein negatives Bild, d. h. die-

hellen Parthieen condensiren gar kein Quecksilber mehr. Daher kann im Allgemeinen von einem richtigen Verhältnifs von Licht und Schatten gar nicht die Rede seyn.

Wenn somit das Licht auf Jodsilber wirkt, so ertheilt es ihm im zunehmenden Verhältnifs die Modification die Quecksilberdämpfe zu condensiren; wirkt es aber von einem gewissen Zeitpunkt ab weiter, so nimmt es ihm diese Modification wieder, und diefs ist geschehen, noch ehe das gelbe Silberjodid seine Farbe geändert hat. Ganz dasselbe thaten vorhin die Quecksilberdämpfe bei fortgesetzter Einwirkung, und wenn sie hier bei dem letzten der beschriebenen Phänomene ein negatives Bild entstehen liefsen, so würde das Licht ebenfalls dasselbe geleistet haben, wenn es längere Zeit auf die Platte gewirkt hätte. Diese Identität zwischen der Wirkung des Lichts und der der Quecksilberdämpfe ist so merkwürdig, dafs ich noch andere Beweise dafür anführen werde.

Man lasse eine jodirte Silberplatte ungefähr die richtige Zeit in der Camera obscura, und lege sie hierauf unter einem gelben Glase in die Sonne. Es wird, wie ich bereits früher erwähnte, ein negatives Bild entstehen, welches nach einiger Zeit verschwindet und einem positiven Platz macht. In dem Augenblick, wo es verschwunden, bringe man die Platte in die Quecksilberdämpfe, so wird dasselbe positive Bild entstehen, wie bei fortgesetzter Wirkung des Lichts. Beide Bilder sind nicht von einander zu unterscheiden, und somit wirken auch in diesem Falle Licht und Quecksilberdämpfe identisch.

Der schönste Beweis für den in Rede stehenden Satz ist aber wohl der folgende: Soviel mir bekannt ist, hat man das *geschwärzte Silberjodid* nie anders als mit Hülfe des Lichts dargestellt. Durch Anwendung von Wärme kann man es z. B. nicht erhalten; denn erhitzt man eine jodirte Silberplatte, so nimmt sie beim Erkalten ein milchweifses Ansehn an, und wird im Licht hellgrau. Ich werde jedoch zeigen, *dafs man das geschwärzte*

Silberjodid durch Quecksilberdämpfe entstehen lassen kann. Es ist vorhin angegeben worden, dafs diese Dämpfe ein zuerst richtiges, positives Bild bei fortgesetzter Wirkung in ein negatives umwandeln, und dafs die Platte einen Augenblick vorher ein gelbes Ansehn, dem Silberjodid entsprechend gewinnt. Hiermit verhält es sich nun so: die Dämpfe legen sich zuerst auf die hellen Parthieen, z. B. auf den Himmel einer Landschaft; bei fortdauernder Wirkung gehen sie von diesen Stellen fort, das gelbe Silberjodid kommt wieder zum Vorschein. Läfst man die Dämpfe noch weiter wirken, dann wird das gelbe Silberjodid geschwärzt, und der Himmel erscheint schwarz, obgleich alle weitere Lichtwirkung ausgeschlossen und im Dunklen operirt worden ist. So entsteht das negative Bild.

Dieses seltsame Resultat der Schwärzung des Silberjodids durch Quecksilberdämpfe war mir schon lange vorher aufgefallen, indem es eine Reihe anderweitiger Versuche auf eine unangenehme Weise störte. Es schien mir nämlich ein einfaches Mittel, die für die Wirkung der Camera nöthige Zeit zu verkürzen, dadurch möglich zu seyn, dafs man die jodirte Silberplatte einen Moment der freien Sonne aussetze, sey es ehe sie in die Camera obscura gebracht wird, sey es nachher. So oft ich aber dieses Mittel prüfen wollte, und so rasch ich auch dabei verfuhr, so erhielt ich stets im Quecksilber eine schwärzliche Färbung der Platte, obgleich sie vorher, ehe sie in den Quecksilberapparat gebracht wurde, noch ihre gewöhnliche gelbe Farbe zeigte. Anzuführen ist noch, dafs das von den Dämpfen des Quecksilbers geschwärzte Silberjodid eben so wenig an der Silberplatte adhärirt, und nicht besser vom unterschwefligtsauren Natron aufgelöst wird, als das vom Licht erzeugte.

Wenn hier beim Silberjodid die Einerleiheit der Wirkung des Lichts und der Quecksilberdämpfe nachgewiesen, und oben im Grunde dasselbe für die Wasser-

dämpfe gezeigt worden ist, so ist der Satz in seiner Allgemeinheit für alle Substanzen und alle Dämpfe geltend, zu wichtig, als dafs nicht noch andere Beispiele davon gegeben werden sollten. Man wird diesen Satz ohne Zweifel überall bestätigt finden, wo die Dämpfe überhaupt einen sichtbaren Effekt haben, und wo man sie allmählig genug einwirken läfst, um sicher zu seyn, dafs man den rechten Moment nicht verfehle. Denn es leuchtet wohl von selbst ein, dafs bei einer zu starken und plötzlichen Einwirkung derselben, die eigenthümlichen Zustände der Oberfläche, welche die Entstehung von Bildern bedingen, nicht deutlich sich geltend machen können. So ist es aus derselben Rücksicht schon nöthig, den Oberflächen eine gute Politur zu ertheilen, was mich bis jetzt in der Wahl der Substanzen etwas beschränkt hat.

Die vorigen Erscheinungen am Jodsilber lassen sich nun mittelst Quecksilberdämpfen in derselben Art am reinen Silber, Platin, Kupfer, Stahl, schwarzem Glase nachweisen. Man nehme eine solche wohlpolirte Platte, bedecke sie mit einem theilweise ausgeschnittenen Schirm und setze sie den Quecksilberdämpfen aus (bei Stahl- und schwarzen Glasplatten habe ich das Quecksilber bis 90° R. und mehr erhitzt). Man wird nachher Quecksilber auf den Platten finden, und zwar natürlich da, wo die Ausschnitte des Schirms sich befunden haben. Wenn man nun den Sinn der früheren Experimente gefafst hat, so sieht man ein, dafs die Stellen (*a*) der Platten, welche Quecksilberdämpfe condensirt haben, in einem ähnlichen Zustande sich befinden, als die Stellen auf einer jodirten Silberplatte, welche durch das Licht der Schwärzung nahe gebracht worden sind. So wie diese letzteren schon die Eigenschaft wieder verloren haben die Quecksilberdämpfe zu condensiren, so auch die Stellen (*a*) der jetzigen Platten. Ist es eine Platin-, Stahl- oder Glasplatte, so kann man diefs leicht beiweisen, indem

man ihnen das Quecksilber durch leises, vorsichtiges Reiben oder durch eine möglichst geringe Temperaturerhöhung nimmt. Bringt man sie nun ohne Schirm von Neuem in die Quecksilberdämpfe, so werden die vorigen Ausschnitte sich wieder zeigen, aber nun umgekehrt dunkler als die übrige Platte, daher rührend, dafs sich auf den Stellen, welche früher die Dämpfe condensirten, jetzt kein Quecksilber oder doch weniger lagert. Diefs ist eigentlich dasselbe Phänomen, welches im Obigen die Wasserdämpfe zeigten, und welches darin besteht, dafs wenn man eine Platte theilweise behaucht, man bei späterem Behauchen den Dampf die Stellen meiden sieht, die er vorhin allein getroffen hat. Doch war es nöthig die Versuche in dieser Art hier mitzutheilen, der weiteren Experimente wegen, die man weniger gut mittelst Wasserdämpfe anstellen würde.

Da nämlich irgend eine Platte, wenn sie Quecksilberdämpfe condensirt hat, sich, wie gezeigt, in demselben Zustand befindet, als wenn das Jodsilber vom Licht nahe geschwärzt worden, so mufsten Dämpfe niederer Spannung diejenigen Zustände hervorbringen, welche beim Jodsilber der Schwärzung vorangehn, und die eine stärkere Condensirung der Quecksilberdämpfe zur Folge haben. Und nicht blofs Dämpfe niederer Spannung, sondern auch Dämpfe höherer Spannung vorausgesetzt, dafs letztere nur sehr kurze Zeit wirken; denn es ist überall mit Dämpfen wie mit dem Licht, von dem man weifs, dafs hohe und niedrige Intensitäten auf das Jodsilber dasselbe leisten, nur in verhältnifsmäfsig verschiedener Zeit. Ich wiederholte also den vorigen Versuch, indem ich eine polirte Platte mit einem ausgeschnittenen Schirm den Dämpfen des Quecksilbers, welches bis zu 60 Graden erhitzt wurde, sehr kurze Zeit aussetzte. Als die Platte herausgenommen wurde zeigte sie nichts; allein sie befand sich doch in demselben Zustade als eine jodirte Silberplatte, welche die richtige Zeit in der Camera

obscura gelassen worden. Nachdem sie nämlich von Neuem den Quecksilberdämpfen ausgesetzt wurde, aber frei und ohne Schirm, entstand das Bild der vorigen Ausschnitte, und zwar, wie erwartet wurde, nunmehr in der Art, dafs die früher unbedeckten Stellen heller erschienen, und also mehr Quecksilber condensirten. Durch wiederholentliches Erhitzen des Quecksilbers gewann das Bild an Stärke, wie man es häufig auch bei den Daguerre'schen Bildern, und in der Regel an Bildern sieht, welche durch Wasserdämpfe entstehen. Das spätere Behauchen läfst in der Regel die Bilder letzterer Art klarer und bestimmter sehen, weil die Wasserdämpfe, wie alle übrigen Dämpfe, die angefangene Wirkung auf die Substanz der Oberfläche fortsetzen, und mit der Zeit sogar umkehren können.

In dem vorliegenden Experiment sind zweimal Quecksilberdämpfe angewandt worden, das erste Mal so schwach oder doch so kurze Zeit, dafs sie keinen sichtbaren Niederschlag lieferten. Man kann statt dieser ersten Quecksilberdämpfe auch Dämpfe anderer Art, z. B. Joddämpfe anwenden, und mit demselben Erfolg. Man lasse auf einzelne Stellen einer Silberplatte Dämpfe dieser Art wirken, aber so kurze Zeit, dafs sie keine Färbung des Silbers hervorzubringen im Stande sind, etwa den vierten Theil der Zeit, welche das erste Gelb erfordert. Bringt man nunmehr die Platte in die Quecksilberdämpfe, so lagert sich dasselbe gerade an den Stellen, die vorher von den Joddämpfen getroffen worden sind.

Dafs die Joddämpfe auf das Silber so wirken wie das Licht, ist aus dem Vorigen zu entnehmen, und es ist im Grunde gleichgültig, ob das Licht zuerst auf eine reine Silberplatte wirkt, und man sie nachher jodiren lasse, oder ob man sie erst den Joddämpfen aussetzt und dann dem Licht. Aber auch auf das schon gebildete Jodsilber wirkt der Joddampf in derselben Art wie das Licht. Setzt man eine Silberplatte dem Jod aus, so

wird sie erst gelb, dann bei fortgesetzter Einwirkung roth, rosa, blau .... Ohne Zweifel kann man diese Farbenreihe aus der verschiedenen Dicke der Jodsilberschicht ableiten; allein das Licht bringt doch, zweckmäfsig angewandt, eine ähnliche Folge der Farben hervor, wenn es die Oberfläche nämlich nicht zu rasch schwärzt. Bei dieser letzteren Art verändert sich die Dicke der Schicht des Silberjodids nicht; auch würde man, wollte man die verschiedenen Farben hieraus allein erklären, die Schwierigkeit vorfinden, dafs, nach Draper's Beobachtung [1]), die späteren Farbennüancen zur Hervorbringung eines Bildes immer unbrauchbarer werden, indem sie zur Condensirung der Quecksilberdämpfe wenig geschickt sind. Von der Dicke der Jodschicht kann dieser letzte Umstand nicht bedingt werden, weil es, wie wir sehen werden, noch dickere Schichten giebt, die zur Erzeugung eines Bildes nach demselben Autor wiederum sehr brauchbar sind. Dagegen wird dieses Verhalten der späteren Farben gegen die Quecksilberdämpfe daraus begreiflich, dafs das Licht, wie oben gezeigt worden ist, ganz dasselbe leistet, und bei fortgesetzter Einwirkung das Silberjodid eben so unfähig macht jene Dämpfe zu condensiren. Licht und Quecksilberdämpfe schwärzen das Jodsilber; der Joddampf bewirkt diefs aber auch; denn Draper giebt an, was richtig ist, dafs bei fortgesetzer Wirkung des Jods die Silberplatte nach der blauen Farbe ein metallisches Ansehn annehme, herrührend von einer Schicht schwarzen Silberjodids, welche zur Condensirung von Quecksilberdämpfen und zur Hervorbringung eines Bildes nicht mehr gebraucht werden kann. Auf folgende Art habe ich mich von der Schwärzung des Silberjodids durch den Joddampf selbst überzeugt. Nachdem eine Platte hinreichend lange diesen Dämpfen ausgesetzt gewesen war, brachte ich sie in eine heifse wässrige Auflösung des unterschwefligtsauren Natrons; es blieb ein

1) *London and Edinb. phil. Magazine* u. s. w. September, 1841.

schwärzliches Pulver zurück, welches leicht abwischbar war, und geschwärztes Silberjodid ist.

Nachdem das Jodsilber vom Licht geschwärzt worden, so wird dasselbe, wie schon gezeigt, grünlich gelb, und wie die früher beschriebenen dreizehntägigen Versuche in der Camera obscura lehrten, durch die anhaltende Wirkung des Lichts erst roth und dann blau gefärbt. Somit äufsert sich die Wirkung des Lichts auf das schwarze Silberjodid dahin, dafs dasselbe nach und nach gelb oder grünlich gelb, roth, blau .... gefärbt wird. Dasselbe aber bewirkt nach Draper die fortgesetzte Wirkung des Joddampfs. Nachdem die Platte das metallische Ansehn angenommen, wird sie nun nach seinen Beobachtungen gelb, roth, grün .... Uebersieht man vorerst geringe Farbenunterschiede, so ist also die Wirkung des Lichts und des Joddampfs auf Silberjodid mit Bezug auf die Färbung gleich; sie ist es auch, wie schon angegeben, mit Bezug auf die Fähigkeit des Jodids die Quecksilberdämpfe zu condensiren und vom unterschwefligtsauren Natron aufgelöst zu werden.

Mit den Farbenunterschieden hat es folgende Bewandnifs. Es ist *a priori* schon einzusehen, dafs beim Jodiren die auf einander folgenden Farben nicht immer dieselben seyn werden; denn die Oberfläche des Silbers wird nicht ganz homogen, nicht überall ganz gleich jodirt, nicht gleiche Temperatur an allen Stellen haben, und eben so wenig werden die Joddämpfe gleichmäfsig verbreitet seyn. Meine noch weiter ausgedehnten Versuche, als es von Draper geschehen ist, zeigten den zweiten Cyclus der Farben nahe gleich dem ersten, und z. B. mit einem reinen Gelb anfangend. Der dritte Cyclus dagegen fing mit einem grünlichen Gelb an, welches in der Mitte der Platte entstand, während nach den Rändern zu alle vorigen Farben der Reihe nach zu sehen waren. Offenbar defshalb, weil die Joddämpfe in der Mitte am stärksten gewirkt hatten, und neben einander die

die früheren Farben sehen liefsen, während zu gleicher Zeit die Farben sich mischten und an Reinheit verloren. Wenn man eine solche ungleich gefärbte Platte dem Licht aussetzt, so wirkt dasselbe auf die früheren Farben jedes einzelnen Cyclus intensiver als auf die späteren Farben, und die Platte gewinnt bald ein sehr gleichmäfsig gefärbtes Ansehen.

Man kann nicht zweifeln, dafs diese Reihefolge von Farben sich beim Jodiren einer Silberplatte sehr oft wiederholen werde, und auch beobachtet werden könnte, wenn nur der Uebelstand zu vermeiden wäre, dafs die verschiedensten Farben zugleich auf der Platte vorhanden sind, ein Uebelstand, der bei fortgesetztem Versuch immer erheblicher wird. Bei dem Licht habe ich schon in dem früheren Theil dieser Abhandlung ähnliche Alternationen der Einwirkung wahrscheinlich gemacht, und beide Arten gleichen sich auch darin, dafs jeder folgende Cyclus eine längere Zeit erfordert als der vorangegangene.

Wenn wir nun auf das Daguerre'sche Verfahren einen Rückblick werfen, so ist es klar, dafs die grofse Empfindlichkeit, die dasselbe zur Folge hat, mit darauf beruhen wird, dafs das Jod in Dampfform auf das Silber wirkt. Ich zweifle, ob Jodsilber, auf andere Weise bereitet, dieselben Vortheile gewähren würde. Wahrscheinlich wirken die Dämpfe des Chlor- und Bromjods in ähnlicher Art fördernd, und selbst das Quecksilber übt in diesem Sinne einen Einflufs. Dadurch, dafs sie in Dampfform an die Platte treten, vermindern sie die Zeit, welche dem Licht in der Camera obscura bewilligt werden mufs. Für das Chlor- und Bromjod läfst sich diefs daraus schliefsen, dafs sie eine Silberplatte, welche im reinen Joddampf kaum eine Farbe erhalten hat, sehr rasch gelb, roth, rosa .... färben, und dafs man die Platten nachher sogar wieder den einfachen Joddämpfen aussetzen kann, ohne ihre Empfindlichkeit im Mindesten zu stören. —

Ich werde es vorläufig bei diesen Erscheinungen bewenden lassen, durch welche ich bewiesen zu haben glaube, dafs *Berührung, Condensirung von Dämpfen und Licht auf alle Substanzen dieselben Effecte haben.* Die Unterschiede, welche vorkommen, lassen sich auf die verschiedene Intensität der erzeugenden Ursache und auf die gröfsere oder geringere Tiefe, bis zu welcher die Wirkung sich erstreckt, zurückführen. So z. B. erhält man viel schwerer als man glaubt das eigentliche schwarze Silberjodid in gröfserer Menge bei etwas intensivem Licht, wie bei dem der Sonne, und die verschiedenen Farben des Jodids vollends gar nicht. Denn ein solches intensives Licht schwärzt rasch die äufserste Oberfläche und verwandelt sie auch rasch wieder in gelbes Jodid, während etwas tiefer liegende Theilchen erst später geschwärzt werden, und auf diese Weise, selbst innerhalb der geringen Schicht, welche die Sphäre der Lichtwirkung ausmacht, die verschiedenartigsten Zustände zugleich vorhanden sind. Bei den Quecksilberdämpfen sieht man ebenfalls verschiedenartige Effecte, je nach ihrer Elasticität, entstehen, positive und negative Bilder, vollkommen abreibbare oder sehr feste u. s. w.

Der allgemeinste Satz, den ich über den Einflufs der genannten Ursachen (Berührung, Condensirung und Licht) aufzustellen vermag, ist der, *dafs durch sie die Affinität aller Substanzen für die Dämpfe modificirt werde,* so dafs sie sich dann an ihnen in gröfserem oder geringerem Grade niederschlagen und adhäriren. Wie hinreichend gezeigt worden, ist in der That die Modification der Substanzen eine doppelte, und kann sowohl eine stärkere als schwächere Condensirung zur Folge haben.

Wenn ich den ausgesprochenen Satz auf alle Substanzen ausgedehnt habe, so wird man diese Verallgemeinerung nicht für unerlaubt halten; denn die vorigen Versuche bilden ein Ganzes, in der Art, dafs ein Schlufs

von dem einen auf den anderen ganz motivirt ist. Wenn z. B. die *Berührung* dem flüssigen Quecksilber jene Modification ertheilt, so ist keine Frage, daſs auch die Wasserdämpfe, daſs auch das *Licht* sie ihm ertheilen werde, falls man den Versuch zweckmäſsig anstellt. Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet, sind die Versuche auf mannichfache und hinreichend heterogene Körper ausgedehnt, daſs kein vernünftiger Grund abzusehen wäre, ihre Allgemeinheit in Frage zu stellen. Auch die Bedingung, daſs die Oberflächen der Körper meistentheils polirt seyn müssen, thut der Allgemeinheit des Satzes keinen Eintrag; denn diese Bedingung muſs nur deshalb erfüllt werden, um die Veränderungen sichtbarer machen zu können. Sonst habe ich manche Körper in den Bereich dieser Versuche gezogen, die gar nicht polirt gewesen sind.

Es ist undenkbar, daſs die in Rede stehende Modification der Substanzen nicht von anderen physikalischen und chemischen Erscheinungen als den bisher betrachteten, begleitet seyn sollte; schon das unterschweflichtsaure Natron giebt vorläufig in letzter Beziehung einen Wink. Es löst das Silberjodid in den verschiedenen Stadien jener Modification verschiedentlich leicht auf, und das geschwärzte Silberjodid gar nicht; somit könnte durch Ertheilung dieser Modification eine und dieselbe Substanz sich an ihrer Oberfläche chemisch verschieden zeigen, worüber Versuche entscheiden müssen. Von vielen anderen Vermuthungen, die sich aufdrängen, will ich nur die anführen, daſs die betrachtete Modification möglicherweise nahe mit dem bis jetzt so dunklen Phänomen der Phosphorescenz zusammengehöre. Der Uebergang dahin scheint durch eine merkwürdige Entdeckung von Rieſs vermittelt [1]), nach welcher polirte Platten, sogar aus leitenden Substanzen bestehend, welche auf der Bahn der elektrischen Entladung sich befanden, oder auf welche

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXIII S. 85. — Repertorium der Physik, Bd. VI S. 180.

die Elektricität auch nur in Form von Lichtbüscheln geströmt hat, nachher Stellen zeigen, die beim Behauchen keinen Wasserdampf annehmen, und welche offenbar in demselben Zustand sich befinden, den wir vorhin auf so verschiedene Weise haben entstehen sehen. Von der anderen Seite ist es aber bekannt, dafs wenn der elektrische Funke über eine geeignete Substanz dahin streift, dieselbe nachher phosphorescirend wird, dafs hier die verschiedenfarbigen Gläser von ähnlichem Einflufs sind wie bei den sogenannten chemischen Wirkungen des Lichts. Ja es scheint, als wenn sogar schon durch Berührung der Zustand des Phosphorescirens, ohne dafs man den Werth dieses Mittels erkannte, hervorgebracht sey [1]). Doch mufs auch diefs weiteren Versuchen anheim gestellt bleiben.

Ich kehre nunmehr zu der Aufgabe dieser Abhandlung, die Wirkung des Lichts auf die Retina betreffend, zurück. Ich denke der Zustand der Aufgabe hat sich geändert, und die Hypothese, die ich aufgestellt, wird nicht mehr gewagt erscheinen. Wenn das Licht in allen Körpern eine und dieselbe Modification hervorruft, dann wird diefs auch in der Substanz der Retina der Fall seyn; nichts ist natürlicher. Die Fragen, wie die Retina den Grad der Empfindlichkeit verändere, wie sie den normalen Zustand der Erregbarkeit wieder herstelle, sind, wenn auch nicht definitiv, doch schon annähernd zu beantworten. Die Modification, welche das Licht bewirkt, ist ihrer Natur nach verschiedener Grade fähig, und kann aufserdem durch eine und dieselbe Lichtintensität in sehr verschiedener Zeit hervorgebracht werden. So zeigen die vorigen Versuche, dafs es Mittel gebe, eine jodirte Silberplatte ohne Chlor- oder Bromjoddämpfe mehr oder minder empfindlich zu machen, durch Berührung z. B.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXVI S. 613.

Eben so leicht als diese Modification hervorgerufen wird, so leicht ist sie für gewöhnlich wieder aufzuheben. Die Versuche lehren, dafs sie schon von selbst, ohne äufseres Hinzuthun, vergehe; und Draper fand sogar, dafs jodirte Silberplatten, die nur noch des Quecksilbers bedurften, um ihr Bild zu zeigen, wenn man sie mehrere Tage lang im Dunkeln liegen läfst, kein Bild im Quecksilberapparat mehr liefere, obgleich das Jodid sich nicht verändert hat und gegen das Licht noch vollkommen empfindlich ist. Man übersehe nun auch nicht, worauf ich schon aufmerksam gemacht habe, dafs die Modification, die wir auf den Silberplatten durch das Licht hervorrufen, um nachher ein Bild zu erhalten, dem Grade nach viel bedeutender sey, als diejenige, deren es zum Sehen bedarf. Diesen geringen Grad der Modification wieder aufzuheben dürfte eine kurze Ruhe schon ausreichend seyn. Treibt man es beim Sehen aber weiter, indem man anhaltend ein und dasselbe, vollends stark beleuchtete Object fixirt, dann kommt bekanntlich auch die Retina auf ihren normalen Zustand sobald nicht wieder, und es können sogar bleibende Nachtheile davon entstehen. Diese höheren Grade jener Modification hatten die Bilder, welche Riefs nach elektrischer Einwirkung entdeckte, und die er nach mehr als vier Jahren noch wahrnehmen konnte. Von solchen Graden abgesehen, werden die ersten Stadien überaus leicht aufgehoben, durch ein geringes Reiben, ein etwas starkes Behauchen u. s. w. Solch unbedeutende Umstände wirken darauf, dafs wenn man, wie ich oft beobachtet habe, eine polirte Silberplatte nur einige Minuten liegen läfst, das Jodiren eine viel längere Zeit erfordert, als wenn man die Platte unmittelbar den Joddämpfen aussetzt. Man wird diefs nicht so leicht erklären; denn die Lichtwirkung verlangt bei denselben Platten, obgleich sie gleichmäfsig und wie alle andere jodirt sind, ebenfalls eine viel längere Zeit.

[illegible] welche geringfügige Ursachen der [illegible] der Oberflächen verändert und zer- [illegible] und dann ist abzusehen, weshalb das [illegible] abbildern, wenn auch immer im Auge vor- [illegible] im Allgemeinen nicht sehr störend einwirkt. [illegible] der äufseren Augenmuskeln, dessen Wirkung [illegible] die Retina sich erstreckt, wirkt in dieser Bezie- [illegible] fördernd, eben so wie die beständige Bewe- [illegible] des Auges, welche die verschiedensten Zustände [illegible] die einzelnen Theile der Nervenhaut hinter einander [illegible] Aufserdem ist am Ende dieser Abhandlung [illegible] zu vergessen, was wir im Verlauf derselben nur [illegible] geltend machen wollten, um nicht jede weitere Forschung kurz abzuschneiden, dafs die Retina ein organisches Gebilde sey, und dafs die Nervensubstanz überhaupt sich so leicht wieder ersetzt.

Nachtrag[1]).

In meinem Aufsatz über den Procefs des Sehens u. s. w. habe ich gezeigt, dafs durch die Berührung irgend welcher Substanzen die Wirkungen des Lichts hervorgebracht würden, und dafs man auf diese Weise genaue Abbilder des berührenden Körpers erlangen könne. Die Feinheit, mit welcher bei gelungenen Versuchen, z. B. gravirte Figuren sich darstellten, machten es mir bei näherer Erwägung jedoch sehr unwahrscheinlich, dafs gerade eine genaue materielle Berührung nothwendig sey, und ich überzeugte mich auch bald nachträglich, dafs eine solche in der That bei den meisten Versuchen nicht genau stattgefunden habe. Weder die berührenden Körper, noch die Silberplatten, auf welche sie sich in der Regel abbilden, waren so eben, um einen durchgängigen Contact möglich zu machen. Somit schien hier eine Wirkung in der Entfernung stattzufinden, welche direct

1) Aus einem Schreiben des Hrn. Verf. vom 2. Juni.

zu prüfen vor Allem nöthig war. Auf eine mit vielen gravirten Figuren versehene Achatplatte wurden schmale Glimmerstreifen gelegt und auf diese die Silberplatte, so dafs die Entfernung zwischen den beiden Oberflächen $\frac{1}{8}$ Linie betrug und ein bequemes Hindurchsehen erlaubte. Als nach einigen Stunden die Silberplatte in die Quecksilberdämpfe gebracht wurde, zeigte sich ein deutliches Bild aller auf der Achatplatte befindlichen Figuren. Auf ähnliche Weise habe ich andere Körper, sogar in gröfserer, aber nicht gut zu messender Entfernung abgebildet, und den merkwürdigen Satz gefunden, dafs *wenn zwei Körper hinreichend genähert werden, sie sich auf einander abbilden.* Es wird nöthig seyn darauf aufmerksam zu machen, dafs bei diesen Versuchen alles fremde Licht ausgeschlossen worden, dafs ich die Versuche des Nachts, sogar ohne Kerzenlicht, anstellte, dafs die Körper sich in einem dunklen Kasten in einem finsteren Zimmer befanden, und dafs, was die Hauptsache ist, fremdes auf die einander genäherten Körper fallendes Licht das Abbilden derselben gar nicht erklärlich machen würde. Denn die Körper von einander getrennt zu halten, ist die eine Art des Experiments, die andere ist die, wo die Körper auf einander liegen, z. B. eine Silberplatte auf einer Achat- oder anderen Platte, was sollte hier fremdes Licht bewirken?

Trotz dem glaube ich nicht, dafs durch diese Versuche eine neue Kraft der Körper nachgewiesen sey, ich bin vielmehr der Meinung, dafs sie zu einem andern Resultat führen, nämlich *dafs man jeden Körper für einen selbstleuchtenden wird erklären müssen.* Diese Eigenschaft wird nach meinen bisherigen Versuchen durch fremdes Licht nicht erst erregt, wie z. B. bei der Phosphorescenz; vielmehr machte es keinen Unterschied, ob die Körper lange Zeit im Dunklen erhalten wurden, oder ob sie vor dem Versuch einige Zeit in der Sonne gelegen hatten. Nachdem die Achatplatte viele Tage dem Licht

entzogen worden, legte ich sie, zur Hälfte wohlbedeckt, in die freie Sonne. Als sie sich nachher auf einer Silberplatte abgebildet hatte, war kein Unterschied zu Gunsten der beleuchteten Hälfte wahrzunehmen.

Giebt man dieses Selbstleuchten der Körper zu, nimmt man ferner an, was ich auch anderweitig beweisen zu können glaube, dafs die schräg von der Oberfläche ausfahrenden Strahlen von einer viel geringeren Wirkung seyen, als die senkrechten; dann hat es keine Schwierigkeit die Deutlichkeit der Abbilder, selbst in etwas gröfserer Entfernung, zu erklären. Auch dafs die Erwärmung des abzubildenden Körpers sehr oft vortheilhaft wirke, sieht man dann leicht ein; denn da die Wärme, in gehörigem Grade angewandt, sogar ein Glühen hervorbringt, so ist es natürlich, dafs schon die niederen Grade derselben den Zustand des Selbstleuchtens und damit die in Rede stehenden Wirkungen steigern. Uebrigens scheint die Kraft des Selbstleuchtens den verschiedenen Körpern in verschiedenem Grade beizuwohnen und die Politur einen fördernden Einflufs darauf auszuüben, obgleich die vergleichenden Versuche in dieser Beziehung ziemlich schwierig seyn werden.

Ich habe bis jetzt in der Regel auf Silber, sich abbilden lassen: reines Silber, jodirtes Silber, Messing, Eisen und Stahl (besonders den Stempel einer Münze), violettes und rothes Glas, schwarzes polirtes Horn, weifses, mit Schriftzügen versehenes Papier, Gyps, Glimmer, Achat, Kork, und habe keinen Körper gefunden, mit dem der Versuch mifslungen wäre. Somit kann wohl angenommen werden, dafs die Kraft des Selbstleuchtens allen Körpern beiwohne, da die Reihe der untersuchten bunt genug ist. Die Kraft mufs unter Umständen für verhältnifsmäfsig sehr bedeutend erachtet werden, denn ich habe das Bild vieler Körper, sogar auf der reinen Silberplatte, in 10 Minuten erhalten, was auf eine kräftige Wirkung schliefsen läfst. Da es zum Theil dunkle

Körper gewesen waren, welche sich abbildeten, so gelangt man zu dem Satz, dafs da, wo für die Retina Finsternifs ist, noch eine sehr bedeutende Lichtstrahlung stattfinden könne, die sich auf geeignete Substanzen deutlich genug kund giebt. In so kurzer Zeit, wie die genannte, erhält man freilich nur durch die anhaltende Wirkung der Quecksilberdämpfe niederer Spannung Bilder; weil, wie ich gezeigt habe, diese Dämpfe, wie überhaupt alle, die vom Licht angefangene Wirkung fortsetzen. Sonst aber bedarf es auch keiner Dämpfe bei den vorliegenden Versuchen, und wenn man z. B. eine jodirte Silberplatte irgend einem Körper im Dunklen nahe bringt, und der Wirkung nur die nöthige Zeit gönnt, dann zeigt die Platte nachher das Bild, indem an denjenigen Stellen, welche der Wirkung am kräftigsten ausgesetzt gewesen, das Silberjodid *geschwärzt* ist, obgleich alles ausgeschlossen worden, was die Retina Licht nennen würde. In dieser Art ist der Versuch von mir sehr oft angestellt worden.

Bei dem nunmehrigen Stande der Sache geht es nicht wohl an den Einflufs der Berührung oder des Drucks auf die Oberflächen der Körper zu untersuchen, weil die Wirkungen, die man stets erhält, vorläufig auf Rechnung der von allen Körpern ausgehenden Lichtwirkungen gesetzt werden müssen. Inzwischen zweifle ich doch an dem Einflufs des Drucks nicht, denn ich glaube hinreichend bewiesen zu haben, dafs auf der Retina bei dem Procefs des Sehens nichts anderes vor sich gehe, als auf allen übrigen Substanzen beobachtet wird, wenn ihre Oberflächen von Lichtstrahlen getroffen werden, und dann ist es erlaubt nun umgekehrt einen Schlufs von den Erscheinungen der Retina auf ähnliche andere Substanzen zu ziehen. Da bei ihr der Druck so entschieden dieselben Phänomene wie das Licht hervorbringt, so wird dasselbe bei den übrigen Körpern stattfinden, obgleich der eigentliche Beweis bis jetzt dafür nicht geliefert werden

kann. Verhält es sich doch ähnlich mit der Elektricität; auch sie bringt im Auge Eindrücke hervor wie das Licht, und man hätte hieraus vermuthen können, daſs dasselbe auch für die anderen Substanzen gelten werde, wenn nicht durch die schönen Versuche von Rieſs jede Vermuthung hier unnöthig wäre, da dieselben dieſs direct beweisen.

II. *Künstliche Sonne?!*

Man bringe, — so sagt Hr. Boutigny in einer brieflichen Notiz in den *Compt. rend. T. XIII p.* 633 — eine mit einem Loch versehene Hohlkugel von polirtem Metall oder glasurtem Porcellan zum Weiſsglühen, und schütte (10 bis 15 Grm.) flüssiger wasserfreier schwefliger Säure hinein. Gleich darauf stecke man auch zwei Thermometer in die Kugel, das eine in die Säure selbst, das andere einige Centimeter darüber. Dieses wird sogleich auf 300° C. steigen und platzen; jenes dagegen auf 11° C. *unter Null* fallen!

Nun frage ich, — setzt Hr. B. hinzu — ist dieſs nicht Herschel's Sonne? — Eine glühendheiſse, leuchtende Hülle und ein eiskalter Kern!

III. *Elektrochemische Untersuchungen; von L. F. Schönbein.*

(Schlufs von Seite 150.)

Zweite Abtheilung.

Ueber die directe Oxydirbarkeit des Platins und des Goldes.

Hr. de la Rive hat schon vor einigen Jahren und erst neulich wieder in einer eigenen Abhandlung (siehe No. 1 *Archives de l'Electricité*) [1]) es wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs Gold und Platin mit dem Sauerstoff auf eine unmittelbare Weise in chemische Verbindung treten könne. Aus der directen Oxydirbarkeit dieser Metalle sucht der verdiente Genfer Physiker eine Reihe von Erscheinungen zu erklären, wie z. B. das Döbereiner'sche Phänomen, den elektrischen Geruch, welcher sich bei der Elektrolyse des Wassers am positiven Gold- oder Platinpol entwickelt, wie auch die negative Polarität, welche diese Metalle als positive Elektroden in elektrolytischen Flüssigkeiten erlangen. Da der in Rede stehende Gegenstand eine nicht ganz gewöhnliche Wichtigkeit für die Chemie hat, und die erwähnte Annahme de la Rive's im Widerspruche mit den bisherigen Ansichten der Naturforscher steht, so dürfte eine genaue Erörterung derselben eine nicht ganz unzeitige und verdienstlose Arbeit seyn.

Die wichtigsten und wesentlichsten Gründe, welche der Genfer Physiker für die directe Oxydirbarkeit des Goldes und des Platins anführt, sind folgende:

1) Dient bei der Elektrolyse des Wassers ein Platinblech als positive Elektrode, und Platindraht als negative, so erhält man auf zwei Raumtheile ent-

1) Annalen, Bd. LIV S. 378.

bundenen Wasserstoffs merklich weniger als Ein Volumen Sauerstoff, und zwar um so weniger Sauerstoff, je gröfser der Unterschied der Oberfläche beider Elektroden ist.

2) Gold und Platin, nachdem sie längere Zeit abwechselnd als positive und negative Elektroden in einer elektrolytischen Flüssigkeit functionirt haben, verlieren an ihrer Oberfläche den Zusammenhang und es lagert sich an derselben ein metallisches Pulver ab.

Was nun den ersten Beweis für die fragliche Oxydirbarkeit betrifft, so will ich zunächst bemerken, dafs mir keine Erfahrung bekannt ist, welcher gemäfs bei Anwendung von Goldelektroden, welches auch das Verhältnifs ihrer Oberfläche zu einander seyn mag, auf ein Volumen entbundenen Sauerstoffs nicht merklich genau zwei Raumtheile Wasserstoff erhalten würden. Wenn es aber als eine ausgemachte Sache angesehen werden darf, dafs das Gold als positive Elektrode keine merkliche Menge Sauerstoff zurückhält, so kann der unter 1. angeführte Grund für die directe Oxydirbarkeit des genannten Metalles wohl kaum geltend gemacht werden.

Was ist aber aus dem Sauerstoff geworden, der an der positiven Platinelektrode mangelt? Hat er sich wirklich chemisch mit dem Platin verbunden, oder haftet er, nach Faraday's Ansicht, nur auf eine physikalische Weise an der Oberfläche des Metalls?

De la Rive führt in seiner neuesten Abhandlung einen Versuch an, in welchem ein verhältnifsmäfsig kleines Platinblech, als positive Elektrode dienend, nicht weniger als 4 Kubikcentimeter Sauerstoff zurückhielt. Es erschienen nämlich an der negativen Elektrode 20 Kbkc. Wasserstoffgas, während an der positiven Elektrode nur 6 anstatt 10 Kbkc. Sauerstoff entbunden wurden. Liefs man dieses Blech bei einem zweiten Versuche als negative Elektrode functioniren, so wurden ungefähr

8 Kbkc. Wasserstoff weniger frei, als man nach der Menge des am positiven Pole entwickelten Sauerstoffs hätte erhalten sollen.

Aus diesen Thatsachen erhellt nun allerdings, dafs 4 Kbkc. Sauerstoff auf der Oberfläche des besagten Platinbleches hafteten, nicht aber, dafs jenes Element mit dem Metalle eine chemische Verbindung eingegangen.

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dafs die Oberfläche des Platinblechs, in welcher Menge dasselbe auch Sauerstoff verschluckt und wie lange es als positive Elektrode gedient haben mag, durchaus metallisch bleibt, und hiedurch auch nicht die allergeringste Verminderung seines metallischen Glanzes verursacht wird. Nun wissen wir aber, dafs die Beschaffenheit der Oberfläche eines Metalls durch die allergeringfügigste Oxydation auf eine sehr wahrnehmbare Weise sich verändert. Erhitzen wir z. B. ein Stückchen Palladiumblech, so bedeckt sich dessen Oberfläche mit einer tiefblauen Oxydschicht, und der Metallglanz geht verloren; die empfindlichste Wage ist aber nicht im Stande, eine Gewichtszunahme des Metalls bemerklich zu machen. Auf eine ähnliche Weise verhält sich das Eisen und noch manches andere Metall.

Wenn nun 4 Kbkc. Sauerstoff, eine Menge, die wägbar ist, chemisch sich verbindet mit der Oberfläche eines verhältnifsmäfsig kleinen Platinblechs: sollte diese Oberfläche nicht merklich verändert werden durch die sich bildende Oxydhülle? Von welcher physikalischen Beschaffenheit auch dieses Oxyd seyn mag, mit Gewifsheit läfst sich doch annehmen, dafs dieselbe verschieden sey von derjenigen des Platins, und eben deshalb sollte die Oberfläche dieses Körpers sich verändern, sobald auf ihr auch nur die allerschwächste Oxydation stattgefunden. Da diefs aber durchaus nicht geschieht, so sind wir auch geneigt anzunehmen, dafs der Sauerstoff unter den erwähnten Umständen an dem Metalle nur me-

chanisch hafte und nicht mit diesem chemisch verbunden sey.

Der berühmte Genfer Physiker führt zwar an, dafs selbst unter dem besten Mikroskop nicht das geringste Gasbläschen am Platin wahrgenommen werde, das als positive Elektrode gedient habe, und dafs man den anhaftenden Sauerstoff auch nicht durch Reiben vom Metalle zu entfernen vermöge. Allein diese Thatsachen scheinen mir kein Beweis für den chemisch gebundenen Zustand des Sauerstoffs zu seyn; denn an der Holzkohle z. B., die ihr neunzigfaches Volumen Ammoniakgas verschluckt hat, nimmt man, so viel ich weifs, auch keine Luftbläschen wahr, und läfst sich das eingesogene Ammoniak auch nicht durch Reiben wegschaffen, ohne dafs aber deshalb hieraus bis jetzt der Schlufs gezogen worden wäre: das verschluckte Gas sey mit der Kohle chemisch verbunden.

Aus den angeführten Gründen will es mir daher scheinen als ob die unter 1. angeführte Thatsache nicht als Beweis dienen könne für die Richtigkeit der Behauptung, dafs das Platin theilweise mit dem an ihm durch den Strom ausgeschiedenen Sauerstoff sich chemisch verbinde.

Was die zweite Thatsache betrifft, durch welche Hr. de la Rive die directe Oxydirbarkeit des Goldes und des Platins darzuthun sich bemüht, so scheint dieselbe allerdings etwas mehr Beweiskraft zu besitzen, als diejenige, die wir eben besprochen haben. Haben Gold- oder Platinbleche eine Zeit lang in einer oxy-elektrolytischen Flüssigkeit abwechselnd als positive und negative Elektroden gedient, so erscheint an ihrer Oberfläche ein Metallpulver, wie diefs geschieht, wenn man Kupfer oder irgend ein anderes direct oxydirbares Metall denselben Dienst hat verrichten lassen.

Es ist wohl aufser Zweifel, dafs im letzteren Falle das Metall abwechselnd oxydirt und desoxydirt wird, und einleuchtend genug, schreibt man die hiebei stattfindende

Auflockerung der Metalloberfläche diesen chemischen Actionen zu. Gesetzt nun, für das Kupfer und andere leicht oxydirbare Metalle sey diese Erklärung die richtige; folgt denn hieraus wohl mit Nothwendigkeit, dafs der Zusammenhang des Goldes und des Platins auch durch abwechselnde Oxydationen und Reductionen bewerkstelligt werde?

Würde die directe Oxydirbarkeit dieser Metalle auf anderweitige Weise schon dargethan seyn, so liefse sich die Auflockerung, welche dieselben unter dem Einflusse hin- und hergehender Ströme erleiden, wohl auf die erwähnte Art deuten, und man könnte sich mit einer solchen Erklärung begnügen. Allein wenn diese Auflockerung selbst als Hauptargument für die fragliche Oxydirbarkeit geltend gemacht und letztere nur aus einer Analogie gefolgert wird; dann darf man wohl verlangen, dafs der Beweis geliefert werde: es könne der Zusammenhang des Platins und des Goldes durch nichts Anderes als durch die angenommenen Oxydationen und Reductionen bewerkstelligt werden.

Ist es denn unmöglich, dafs z. B. der einfache Stromübergang schon einen desaggregirenden Einflufs auf den Zusammenhangszustand der fraglichen edlen Metalle ausübe? Nach den Versuchen Grove's, Gassiot's, Daniell's und de la Rive's selbst werden von dem positiven Pole einer sehr kräftigen Säule, aus welcher festen Materie derselbe auch bestehen mag, Theile losgelöst, und diese nach dem negativen Pole hinübergeführt; in dem Falle nämlich, wo nach vorangegangener Schliefsung der Säule die beiden Pole wenig von einander entfernt werden.

Dieses merkwürdige Phänomen, das man namentlich auch am Platin schön beobachten kann, ist offenbar von chemischen Thätigkeiten vollkommen unabhängig, und mufs als eine rein physikalische Wirkung des Stromes angesehen werden, und zwar aus dem einfachen Grunde,

weil dasselbe auch im luftleeren Raume oder in einem Medium stattfindet, welches auf die Substanz der Pole nicht die mindeste chemische Wirkung auszuüben im Stande ist. Wie räthselhaft und unerklärlich für uns die fragliche Thatsache noch erscheinen mufs, so liefert sie doch den Beweis, dafs auch ohne die Vermittlung von Oxydationen und Reductionen oder anderweitiger chemischen Vorgänge der Zusammenhang der Theilchen eines Poles aufgehoben werden kann. Wenn dem aber so ist, warum sollte es nicht geschehen können, dafs z. B. von der positiven Platinelektrode Theilchen sich ablösten und dieselben durch die elektrolytische Flüssigkeit hindurch nach dem negativen Pole geführt würden? Tauchen z. B. zwei Platin- oder Goldbleche in eine elektrolytische Flüssigkeit ein, und dienen dieselben abwechselnd als positive und negative Elektroden, wie diefs bei einigen der de la Rive'schen Versuche der Fall war, so läfst sich wohl einsehen, warum mit der Zeit an beiden Blechen ein Metallpulver in merklicher Menge sich abgelagert findet.

Wenn nun die oxydirbareren Metalle das Phänomen der Auflockerung in einem ausgezeichneteren Grade als Gold und Platin zeigen, so könnte diese Eigenthümlichkeit davon herrühren, dafs bei jenen zwei Ursachen eine physikalische und chemische, bei diesen aber nur die erste der genannten Ursachen wirksam wären.

Es ist auch nicht unmöglich, dafs der an den edlen Metallen stattfindende Wasserbildungsprocefs auf irgend eine Weise mechanisch trennend auf die Theilchen derselben wirkte.

In sofern also die Möglichkeit gedacht werden kann, dafs die fragliche Auflockerung des Platins und des Goldes durch rein physikalische Thätigkeiten des Stroms verursacht werde, so möchten wir aus blofsen Gründen der Analogie, dem Verhalten der oxydirbaren Metalle entnommen, das in Rede stehende Phänomen noch nicht un-

unbedingt einer chemischen Ursache beimessen, und erst dann die Richtigkeit der Erklärung de la Rive's anerkennen, wenn die directe Oxydirbarkeit des Platins und des Goldes auch noch durch andere Thatsachen aufser Zweifel gestellt seyn wird.

Der ausgezeichnete Genfer Physiker unterscheidet in der schon mehrmals angeführten Abhandlung die oberflächliche Oxydation von derjenigen, welche sich von der Oberfläche eines Körpers aus mehr oder weniger tief in dessen Inneres erstreckt durch eine Art von Cämentation, und sagt, dafs jene Art von Oxydation den edlen Metallen, diese aber den oxydirbareren eigenthümlich sey, und in dem Umstande, dafs die Chemiker diese beiden Oxydationsweisen nicht gehörig von einander unterschieden hätten, findet de la Rive den Grund, weshalb man bisher die directe Oxydirbarkeit des Goldes und des Platins nicht erkannt habe.

Wir haben bis jetzt geglaubt, die Oxydation eines Metalls von Aufsen nach Innen erfolge ganz einfach so, dafs das auf seiner Oberfläche sich bildende Oxyd den Zusammenhang mit der noch nicht oxydirten Masse des Körpers verliere und hiedurch neue Metalltheile der Einwirkung des Sauerstoffs blofs gelegt werden, die, nachdem sie oxydirt worden, abermals vom Metall sich losreifsen, um wieder neue Theile des Metalls zu entblöfsen u. s. w.

Wenn nun dieses der wahre Vorgang der Sache ist, und der Unterschied wirklich besteht, den de la Rive annimmt, so würde hieraus folgen, dafs die Hülle des Oxydes, welche sich z. B. in einer Sauerstoffatmosphäre um Platin bildet, so zusammenhängend und so innig mit dem Metalle verbunden sey, dafs der Sauerstoff jene Hülle nicht zu durchdringen, und daher nur die äufserste Oberfläche des fraglichen metallischen Körpers zu oxydiren vermöchte.

Wollen wir zugeben, dafs das Platinoxyd zu seinem

Metalle in dieser so unwahrscheinlichen Beziehung stehe. Da in manchen Säuren, namentlich in Schwefelsäure und Salpetersäure, das Platinoxyd etwas löslich ist, so kann durch dieselben, nach de la Rive, selbst das auf directem Wege gebildete Oxyd vom Platin weggeschaft werden. Würde man nun dieses Metall zu wiederholten Malen der Einwirkung des Sauerstoffs und einer der genannten Säuren aussetzen, und operirte man hiebei auf etwas beträchtlichen Oberflächen des Platins, so müfste nothwendig das Gewicht des letzteren vermindert und endlich eine merkliche Menge des Oxyds in der Säure angetroffen werden. Diesen directesten aller Beweise für die unmittelbare Oxydirbarkeit des fraglichen Metalls vermissen wir in der de la Rive'schen Arbeit, und deshalb haben wir uns auch bemüht die bedeutende Lücke auszufüllen.

Ein Platinblech von zehn Quadratzollen Oberfläche und einem Gewichte von 9,280 Milligrm., das vorher auf die sorgfältigste Weise durch Kochen in Salpetersäure u. s. w. gereinigt worden war, verband ich mit dem positiven Pol einer äufserst kräftigen Grove'schen Säule, liefs dasselbe in verdünnte Schwefelsäure eintauchen und an ihm während 15 Minuten eine sehr lebhafte Sauerstoffgasentwicklung stattfinden. Hierauf wurde das Blech weggenommen, in destillirtem Wasser abgespült, eine Viertelstunde lang in kochende chemisch reine Salpetersäure von 1,45 spec. Gew. gelegt, dann abermals in reinem Wasser abgewaschen, zum Glühen erhitzt und hierauf gewogen. Es konnte nicht der geringste Gewichtsverlust am Platin bemerkt werden. Ich wiederholte die eben erwähnten Operationen ein Dutzend Male, und nach Beendigung derselben wog das Platinblech gerade so viel, als vor Anfang der Versuche, denn ich betrachte einige Milligramme, die endlich fehlten, nicht als einen Gewichtsverlust, da durch die verschiedenen Manipulationen, die mit dem Bleche vorgenommen wurden, von letz-



terem leicht eine so unbedeutende Menge Metalls auf mechanischem Wege abgelöst werden konnte. Hätte sich nun bei jedem Versuch auch nur ein Zehntel Milligrm. Sauerstoffs mit dem Platinblech chemisch verbunden, so müfsten sich bei den zwölf Operationen 1,2 Milligrm. dieses Elementes mit dem Metalle vereinigt haben, und würden hiedurch etwa 14 Milligrm. Platin oxydirt worden seyn, also eine Menge, die durch eine gute Wage schon bestimmbar ist. Wie schon oben erwähnt worden ist, fehlten de la Rive bei einem seiner Versuche 4 Kbkc. Sauerstoff; diese wiegen, wenn ich mich nicht täusche, 5 Milligrm., und hätten sich dieselben nun mit Platin verbunden, so müfste das Blech, nachdem es mit Säure behandelt und geglüht worden, einen Gewichtsverlust von 60 Milligrm. gezeigt haben, was aber, meinen Versuchen zufolge, nicht der Fall gewesen seyn würde, wäre auch der Versuch von de la Rive angestellt worden.

Wir glauben daher berechtigt zu seyn, aus den eben angeführten Thatsachen den Schlufs zu ziehen, dafs der in dem de la Rive'schen Versuch am positiven Pole fehlende Sauerstoff nicht mit dem Metalle chemisch verbunden sey, sondern nur mechanisch am Platin hafte.

Der Genfer Physiker nimmt, wenn ich mich nicht sehr täusche, ferner an, dafs Salpetersäure oder Schwefelsäure fähig seyen, das Platin zu oxydiren, und es wird diese Annahme auf die Thatsache gestützt, dafs das durch Abkochen in einer der genannten Säuren gereinigte Metall mit gewöhnlichem (in Luft gelegenem) Platin Volta'sch combinirt und in eine gesäuerte Flüssigkeit eingeführt, einen Strom erregt, welcher vom gereinigten Metalle zum gewöhnlichen geht. Hr. de la Rive meint nämlich, dafs unter diesen Umständen das gereinigte Platin von der sauren Flüssigkeit chemisch angegriffen werde, während diese letztere das gewöhnliche Metall (bereits mit einer Oxydhülle umgeben) entweder gar nicht oder

doch weniger sich oxydire, als jenes (das gereinigte Platin).

Da nun nach de la Rive selbst das Platinoxyd sich in Salpetersäure auflöst, und er gerade hiedurch das gewöhnliche Platin in dieser Flüssigkeit positiv werden läfst, so müfste, scheint es mir, liefse das fragliche Metall wirklich durch Salpetersäure sich oxydiren, dasselbe beim Kochen in Salpetersäure sich auflösen. Unter diesen Umständen würde nämlich das Platin der Säure immer eine reine metallische Fläche darbieten, in sofern das Oxyd in dem Augenblicke seiner Bildung von der sauren Flüssigkeit aufgenommen werden müfste, und die Eigenthümlichkeit des Platins nicht durch Cämentation, sondern nur oberflächlich sich oxydiren zu können, keinen Einflufs ausüben dürfte. Es müfste also, wäre die Annahme de la Rive's richtig, Platin lange genug und mit einer hinreichenden Menge Salpetersäure behandelt, gänzlich aufgelöst werden; die bisherigen Erfahrungen der Chemiker zeigen aber, dafs reines Platin, auch noch so lange mit kochender reiner Salpetersäure oder Schwefelsäure in Berührung gelassen, nichts von seinem Gewichte verliert. Dürfen wir nun nicht aus dieser Thatsache schliefsen, dafs dieses Metall auch nicht einmal spurenweise von den genannten Säuren oxydirt werde?

Können wir aber die directe Oxydirbarkeit des Platins und des Goldes weder im Sauerstoffgase noch in Salpetersäure und Schwefelsäure als bewiesen ansehen; müssen wir diese Oxydirbarkeit vielmehr als gegen Thatsachen streitend betrachten, so vermögen wir auch nicht der Ansicht beizutreten, welche de la Rive in seiner Abhandlung über die Ursache der von den Platin- oder Goldelektroden erlangten Volta'schen Polarität geäufsert hat. Nach dieser Ansicht nämlich würde die positive Polarität, welche die negative Elektrode während des Stromdurchganges erlangt, davon herrühren, dafs der an ihr während der Wasserelektrolyse auftretende Wasser-

stoff die Oxydhülle reducirte, welche das Gold oder das Platin im natürlichen Zustand immer umgebe. Der Wasserstoff diente also bloſs dazu, der negativen Elektrode eine rein metallische Oberfläche zu geben. Die negative Polarität der positiven Elektrode läſst de la Rive umgekehrt auf einer an letzterer sich bildenden Oxydhülle beruhen. Tauche man nun, sagt der berühmte Genfer Physiker, die beiden Elektroden nachdem sie einige Zeit functionirt haben, in Salpetersäure oder Schwefelsäure ein, so werde die Elektrode von reiner metallischer Oberfläche von der sauren Flüssigkeit stärker angegriffen, als die mit einer Oxydhülle behaftete, und eben deshalb verhalte sich die negative Elektrode positiv gegen die positive Elektrode.

Läſst man zwei Platinstreifen, welche kürzere oder längere Zeit in reinem Wasser als Elektroden gedient haben, in chemisch reines und von aller Luft befreites Wasser eintauchen, und verbindet man dieselben mit einem etwas empfindlichen Galvanometer, so tritt unter diesen Umständen eine sehr merkliche Ablenkung der Nadel ein, welche Abweichung zeigt, daſs die negative Elektrode positiv, die positive Elektrode negativ ist. Welche chemische Wirkung soll aber das chemisch reine Wasser auf die (nach de la Rive) rein metallische Oberfläche der negativen Elektrode ausüben? Wird das Wasser etwa durch das Platin, und zwar schon bei gewöhnlicher Temperatur, zersetzt, und letzteres auf Kosten des ersteren sich oxydiren? Um den secundären Strom, der unter den erwähnten Umständen auftritt, muſs, wie mir scheint, de la Rive die gestellte Frage bejahend beantworten; ich zweifle aber recht sehr, daſs die Chemiker eine derartige Wasserzerlegung für wahrscheinlich halten werden.

Combinirt man einen Platinstreifen, der sich längere Zeit in einer Sauerstoffatmosphäre befunden, mit einem andern Streifen desselben Metalls, welcher in Wasser

als positive Elektrode functionirt hat, so erregt auch dieses Metallpaar beim Eintauchen in luftfreies Wasser einen Strom, dessen Richtung zeigt, dafs die positive Elektrode negativ zum Platinstreifen sich verhält, welcher sich in der Sauerstoffatmosphäre befunden. Nach de la Rive's Ansicht sollten beide Streifen in elektromotorischer Hinsicht vollkommen indifferent gegen einander seyn, gar keinen Strom erregen, selbst bei der unwahrscheinlichen Annahme, dafs blofses Wasser auf Platin chemisch zu wirken vermöge; denn beide Metallstreifen müssen ja, nach de la Rive, mit einer Oxydhülle umgeben, folglich auch beide gegen die chemische Einwirkung des Wassers geschützt seyn.

Combinirt man Volta'sch eine wäfsrige Sauerstofflösung mit einer wäfsrigen Wasserstofflösung, und taucht man in jede dieser Flüssigkeiten einen Platinstreifen ein, dessen Oberfläche durch die von Faraday angegebenen chemischen Mittel vorher gereinigt worden ist, so sollte man gemäfs der Theorie des Genfer Physikers erwarten, dafs unter diesen Umständen ein Strom entstände, von der Sauerstofflösung zu der Wasserstofflösung gehend; weil, nach de la Rive's Annahmen, auch durch die Verbindung eines Metalles mit freiem Sauerstoff das elektrische Gleichgewicht gestört wird, und das Platin fähig ist, schon bei gewöhnlicher Temperatur auf eine directe Weise sich zu oxydiren. Nun taucht in dem fraglichen Versuche ein Platinstreifen mit reiner Oberfläche in ein leitendes Medium ein, das freien Sauerstoff enthält, und es befindet sich ein Metallstreifen von gleicher Beschaffenheit in einer wäfsrigen Wasserstofflösung; es sollte sich daher der Streifen in ersterer Flüssigkeit jedenfalls leichter oxydiren, als diefs der Streifen in der Wasserstofflösung zu thun vermag. Nichts destoweniger verhält sich aber das Platin in der letztgenannten Flüssigkeit positiv zu dem Platin, das in die Sauerstofflösung taucht.

Aus den so eben angeführten, wie auch aus den

weiter oben auseinandergesetzten Gründen kann ich die Ansichten de la Rive's über die Ursache der von den Elektroden, unter dem Einflufs eines Stroms erlangten Polaritäten nicht für richtig halten.

Durch die Hypothese der directen Oxydirbarkeit des Platins bei gewöhnlicher Temperatur sucht der Genfer Physiker auch das Davy-Döbereiner'sche Phänomen zu erklären, das heifst, dasselbe aus einem Wechsel von Oxydationen und Desoxydationen des genannten Metalles abzuleiten, und es wird die Thatsache, dafs ein Platindraht, welcher bei einer Davy'schen Glühlampe einige Zeit gebraucht worden ist, eine rauhe und zertheilte Oberfläche annimmt, als Hauptbeweis für die Richtigkeit der fraglichen Hypothese angeführt. Die de la Rive'sche Erklärung des in Rede stehenden Phänomens beruht auf zwei Hauptvoraussetzungen: einmal auf derjenigen, dafs das Platin bei gewöhnlicher Temperatur sich in atmosphärischer Luft oxydire, und dann auf der Annahme, dafs Platinoxyd bei gewöhnlicher Temperatur durch Wasserstoffgas, oder Weingeist- und Aetherdampf reducirt werde. In Folge dieser mit einander abwechselnden Oxydationen und Reductionen läfst de la Rive Wärme entstehen, welche, nach und nach das Platin bis zum Erglühen erhitzend, den Wasserstoff endlich entzündet.

Was nun die ersten dieser Voraussetzungen betrifft, so ist bereits in dem Vorhergehenden versucht worden deren Unzulänglichkeit darzuthun. Es springt aber in die Augen, dafs die fragliche Hypothese zusammenfällt, wenn diese erste Annahme unrichtig ist.

Nehmen wir indessen an, das Platin oxydire sich selbst bei den allergröfsten Kältegraden in einer Sauerstoffatmosphäre; wird dann wohl das Platinoxyd auch bei eben so niedrigen Temperaturen durch Wasserstoff reducirt? Das auf dem gewöhnlich chemischen Wege bereitete Oxyd zeigt eine solche leichte Reducirbarkeit

nicht, und mufs, nach den Erfahrungen der Chemiker, immer etwas erwärmt werden, wenn es durch freien Wasserstoff in den metallischen Zustand zurückgeführt werden soll.

Meines Wissens giebt es überhaupt kein einziges Metalloxyd, welches durch freien Wasserstoff in der Kälte reducirbar wäre. Das de la Rive'sche Platinoxyd, d. h. das auf directem Wege gebildete, müfste daher eine grofse Ausnahme von der Regel machen und ein Oxyd sui generis seyn.

Würde aber diese Verbindung ein so eigenthümliches Verhalten zeigen, müfste dann nicht angenommen werden, dafs der Sauerstoff darin in einer ganz eigenthümlichen Beziehung zu dem freien Wasserstoff stände, und in einem Zustande sich befände, in dem wir ihn (den Sauerstoff) weder im Gold-, noch irgend einem andern Oxyde antreffen. Wenn man aber eine solche Annahme machte, würde dieselbe dann nicht, anstatt die Berzelius'sche Ansicht zu widerlegen, im Grunde mit ihr geradezu übereinstimmen? Würde, mit andern Worten, die fragliche Annahme nicht auch die andere enthalten, dafs Platin einen specifisch chemischen Einflufs auf Sauerstoff und Wasserstoff ausübe, und die Affinität dieser Elemente zu einander steigere, in ähnlicher Weise, wie diefs die Wärme thut.

Geben wir indessen auch die beiden Voraussetzungen zu; nehmen wir an: das Platin oxydire sich bei gewöhnlicher Temperatur, und das unter diesen Umständen gebildete Oxyd werde in der Kälte durch Wasserstoffgas reducirt, so bedünkt es mich, dafs aus diesen Annahmen das Döbereiner'sche Phänomen doch nicht genügend erklärt werden könne, wenn man nicht weitere, äufserst unwahrscheinliche Voraussetzungen zu Hülfe ruft.

Setzen wir den Fall: Platin von reiner Oberfläche werde in ein Gemeng von Sauerstoff- und Wasserstoff-

gas gebracht. Nach de la Rive findet unter diesen Umständen sofort eine Oxydation der Oberfläche des Metalles statt, und unmittelbar nachher wird die gebildete Oxydhülle durch das anwesende Wasserstoffgas reducirt. Ist die Fläche hiedurch wieder metallisch geworden, so erneuert sich an derselben der Oxydationsact, eine zweite Reduction erfolgt, und geht es so fort, bis endlich aller Sauerstoff mit Wasserstoff chemisch verbunden ist. Indem man den Vorgang auf diese Weise stattfinden läfst, nimmt man an, dafs auf einige Zeit nur zwischen dem Platin und dem Sauerstoff eine chemische Anziehung sich äufsere, und der Wasserstoff während dieses Actes vollkommen unthätig sich verhalte; dafs der letztere, um mich bildlich auszudrücken, dem Metalle ruhig zusieht, bis es eine gewisse Menge von Sauerstoff ergriffen und verschluckt hat. Erst wenn diefs geschehen ist, erwacht, um im Bilde fortzufahren, im Wasserstoff die Lust, sich auch mit Sauerstoff zu verbinden, und zwar nicht mit dem freien, sondern mit demjenigen, den sich das Platin angeeignet hat.

Dem Wasserstoff solche Anwandlungen zuzuschreiben, dürfte wohl schwerlich einem Naturforscher in den Sinn kommen, und am allerwenigsten wird der ausgezeichnete Genfer Physiker eine derartige Annahme für zulässig halten. Dennoch aber enthält, wie mir scheint, dessen Hypothese implicite eine solche Voraussetzung; denn jene mufs durchaus den Act der Oxydation der Oberfläche des Platins als gänzlich vollzogen ansehen, bevor sie die desoxydirende Wirkung des Wasserstoffs eintreten lassen kann.

Will man dieser sonderbaren Consequenz der Hypothese ausweichen, so mufs man annehmen, dafs die Acte der Oxydation und Reduction in demselben ungetheilten Zeitmomente stattfinden; eine Voraussetzung, die noch viel unzulässiger ist als die erste. Es scheint mir daher viel wahrscheinlicher zu seyn, dafs bei Anwesen-

heit von Platin, Wasserstoff und Sauerstoff unmittelbar sich verbinden, und die Wasserbildung nicht durch eine vorangehende Oxydation des Metalls vermittelt werde.

Aufser den bereits angeführten thatsächlichen Gründen giebt es noch einige andere Umstände, welche nicht gut mit den theoretischen Ansichten de la Rive's zusammenstimmen. Bekanntlich zersetzt sich das Platinoxyd schon bei einer Temperatur, welche der Rothgluth noch nicht gleich kommt; auch wissen wir, dafs durch die langsame Verbrennung des Wasserstoffgases, des Weingeist- oder Aetherdampfes Platin für unbestimmte Zeit glühend erhalten werden kann, ohne dafs hiedurch weder die eine noch die andere dieser brennbaren Materien entflammt würde. Die Davy'sche Glühlampe giebt hievon das schlagendste Beispiel. Läfst es sich nun wohl als möglich denken, dafs Platin bei derjenigen Temperatur sich oxydire, bei welcher die Oxyde dieses Metalles reducirt werden? Alle Chemiker, denke ich, werden auf diese Frage mit Nein antworten.

Ich habe vor einiger Zeit gezeigt, dafs schwammförmiges Platin als positive Elektrode in ein Gemisch von Schwefelsäure, Weingeist und Wasser eintauchend, keinen Sauerstoff während der Wasserelektrolyse an sich auftreten, und dieses Metall das letztere Element bestimmt auf einen Theil des Wasserstoffs des Weingeistes sich werfen läfst, um diesen hiedurch in Acetal, Aldehyd u. s. w. umzuwandeln. Ich habe ferner dargethan, dafs wenn Eisen als positiver Pol in dem gleichen Gemisch dient, der durch den Strom entbundene Sauerstoff nicht auf den anwesenden Weingeist reagirt.

Aus diesen und ähnlichen Thatsachen glaubte ich den Schlufs ziehen zu dürfen, dafs Sauerstoff, selbst wenn er auch im nascirenden Zustande sich befindet, doch nicht im Stande ist dem Weingeist in merklicher Menge Wasserstoff zu entziehen, und dafs unter den erwähnten Umständen noch die specifische Einwirkung des Platins er-

fordert wird, um die chemische Action zwischen Sauerstoff und Wasserstoff einzuleiten. Auch folgerte ich aus dieser Thatsache, dafs die so sinnreiche, von Faraday gegebene Erklärung des Döbereiner'schen Phänomens nicht wohl die richtige seyn, d. h. dafs letzteres nicht von einer durch das Platin bewerkstelligten Verdichtung des Sauerstoffgases abhangen könne.

Sollte nun die von mir gemachte Beobachtung in der Hypothese des Genfer Physikers ihre genügende Erklärung finden? Der fraglichen Hypothese zufolge müfste der auf elektrolytischem Wege am positiven Platin ausgeschiedene Sauerstoff erst mit diesem Metalle sich verbinden; hierauf würde das Platinoxyd durch den vorhandenen Weingeist reducirt werden, und fände während des Stromdurchganges ebenfalls ein Wechsel von Oxydationen und Reductionen an der positiven Platinelektrode statt, wie z. B. bei der Davy'schen Glühlampe.

IV. *Ueber den Gegenstrom (Extracurrent) zu Anfang und zu Ende eines primären; von H. W. Dove.*

(Aus den Monatsberichten der Academie, April 1842.)

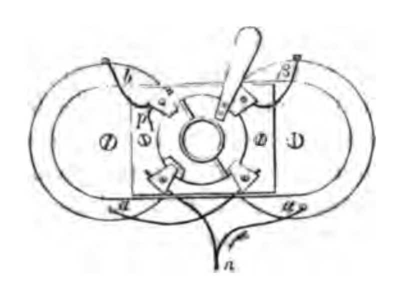
Da ein elektrischer Strom, dessen Intensität zunimmt, in jedem Augenblicke als aus zwei Theilen bestehend gedacht werden kann, einem unverändert bleibenden Antheil und einem dazu neu hinzukommenden, in einem Strome, dessen Intensität abnimmt, also der verschwindende Antheil gesondert werden kann von dem unverändert bleibenden, so wird das Inductionsgesetz, dafs ein primärer Strom bei seinem Beginn einen entgegengesetzt fliefsenden inducirt, bei seinem Aufhören einen ihm gleichgerichteten, dafs derselbe während seiner Dauer hinge-

gen gar keinen Strom inducirt, allgemeiner so ausgedrückt werden können: ein primärer Strom inducirt, so lange sich seine Intensität steigert, einen entgegengesetzten, so lange sie abnimmt einen gleichgerichteten secundären Strom. Nennt man nun *Nebenstrom* einen von einem primären Strome in einem ihm parallelen, aber von ihm getrennten Drahte inducirten Strom, *Gegenstrom* (Extracurrent) hingegen den in einem spiralförmigen Schliefsungsdrahte mit oder ohne Eisenkern, durch Wirkung jeder einzelnen Windung auf die zunächst liegenden hervortretenden secundären, sieht man also diesen Gegenstrom als einen speciellen Fall des Nebenstromes an, bei welchem nämlich ein und derselbe Draht den Weg abgiebt für den primären Strom und den inducirten, so werden die für den Nebenstrom gefundenen Erscheinungen auch in Beziehung auf den Gegenstrom als wahrscheinlich vorausgesetzt werden können. Nun ist aber der bei dem Oeffnen einer geschlossenen galvanischen Kette erscheinende Funke stärker, wenn die Kette durch einen spiralförmigen langen Draht geschlossen ist, als durch einen gerade ausgestreckten, auch treten, besonders wenn dieser spiralförmige Draht Eisen umgiebt, kräftige physiologische Wirkungen ein, welche bei kurzen geraden Schliefsungsdrähten nicht bemerkt werden. Faraday, welcher aus diesen Erscheinungen auf die Existenz des Gegenstromes schliefst, vermuthet daher (§. 1104), dafs entsprechende Effecte durch eine Spirale und einen Elektromagneten jedesmal entstehen, wenn der Elektromotor *geschlossen* wird. Diese Effecte müssen im ersten Moment einen *Widerstand* erzeugen, also etwas dem Schlage und Funken entgegengesetztes bewirken. Es sey aber schwer Mittel anzugeben für die Nachweisung solcher *negativer* Effecte. Faraday sucht sie daher indirect durch positive nachzuweisen, welche gleichzeitig in einer Nebenschliefsung entstehen. Da nun bei späteren Versuchen in diesem Gebiete die eigentliche experimentelle

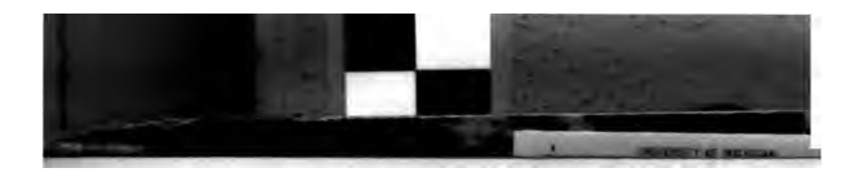
Schwierigkeit, nämlich zu verhindern, dafs der bei dem Oeffnen entstehende Gegenstrom sich bilde, nicht beseitigt ist, da aufserdem keine der Steigerung der Funken und physiologischen Wirkung des Extracurrent am Ende entsprechende Schwächung für den zu Anfang supponirten Gegenstrom überhaupt nachgewiesen ist, so werden die folgenden Untersuchungen als eine Ergänzung dieser Lücke angesehen werden können, in sofern durch sie das Verlangte in so augenfälliger Weise gelöst wird, dafs diese Versuche unmittelbar in den Kreis gewöhnlicher experimenteller Darstellungen eintreten können.

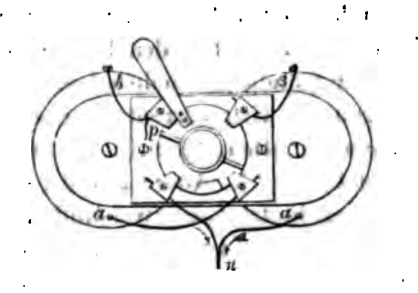
Der primäre Strom wurde durch eine Saxton'sche vom Hrn. Oertling construirte Maschine hervorgebracht, bei welcher die Unterbrechung durch Messingfedern geschieht, welche auf zwei, mit hölzernen Einsatzstücken versehenen eisernen Walzen schleifen. Die erste dieser Walzen w_1 (Taf. II Fig. 1) ist isolirt auf die Axe AB des Ankers aufgesetzt, und nimmt das eine Drahtende n der Umwicklung des Ankers auf, die zweite w_2 ist unmittelbar auf dieser Axe befestigt, und dadurch mit dem andern Ende p der Umwicklung in leitender Verbindung. Eine der Federn 1) oder 5) schleift continuirlich auf der ersten Walze, die zweite 3) entweder ebenfalls ununterbrochen oder gelangt einmal im Azimuth 90° (das heifst, bei senkrechter Stellung des Ankers lothrecht auf die Verbindungslinie der Pole des Magneten) oder zwei Mal im Azimuth 90° und 270° auf den isolirenden Holzeinsatz. Im ersten Falle wird der stets metallisch geschlossene Draht von alternirenden Strömen durchlaufen, die im Azimuth 0° und 180° in einander übergehen, und wegen der symmetrischen Vertheilung des Ganzen im Azimuth 90° und 270° ihre Maxima haben werden. Geschieht die Unterbrechung der intermittirenden Feder einmal bei 90°, so erhält die nun allein den Zusammenhang vermittelst des Körpers oder eines andern Prüfungsmittels des Stromes herstellende Nebenschliefsung den positiven Strom in voller Intensität, geschieht sie zwei

Mal während jeder ganzen Umdrehung des Ankers, hingegen zwei entgegengesetzt fliefsende Ströme in alternirender Folge. Dieses Alterniren kann aufgehoben werden durch zwei in Form eines Y gespaltene Federn $y y_1$, welche mit ihren beiden Armen gleichzeitig auf beide Walzen fassen, auf der einen Holz berühren, wenn sie auf der andern Metall berühren, und nach dem Princip des Commutators die alternirenden Ströme in gleichgerichtete verwandeln. Die Berührungsstellen der einen Feder liegen denen der andern diametral gegenüber, die eine y_1 vom höheren Ständer ausgehende, schleift nämlich auf der unteren Fläche der Walze *n*, die andere *y* auf der oberen. Aufserdem können die beiden, die Schenkel des Ankers umgebenden Drahtrollen auf doppelte Weise verbunden werden, entweder so, dafs die eine die Fortsetzung der andern bildet, wo die Drahtlänge 880′ beträgt [1]), oder so, dafs beide mit ihren Anfängen und mit ihren Enden verbunden sind, wo sie wie ein 440′ langer Draht von doppelter Dicke wirken. Im ersten Falle sind die physiologischen Wirkungen stärker, im letztern die physikalischen (Magnetisiren des Eisens, Glühen etc.). Diese Vorrichtung, welche *Pachytrop* heifsen mag, ist im Folgenden abgebildet, und zwar in der ersten Stellung des drehbaren Zeigers auf der rechten Seite für physiologische Wirkungen, in der zweiten für physikalische.



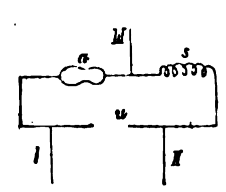
1) Das Gewicht des umsponnenen Drahtes ist 1220 Grammen, die Dicke des unbewickelten Drahtes etwa ⅓ Linie.





n, p bedeuten hier die nach der ersten und zweiten Eisenwalze führenden Drähte, ab, $\alpha\beta$, die Enden des Drahtrolle des Ankers w_1 und w_2, von denen α direct mit n verbunden ist, a, b, β aber unter die Kupferplatten eingeklemmt sind, unter welchen sich die vermittelst eines Schnittes in zwei gleiche Hälften getheilte Kupferscheibe dreht; das aus der Peripherie derselben ausgeschnittene Stück ist durch Elfenbein ergänzt. Bei der Stellung des Zeigers in der ersten Figur ist die Verbindung $p(ba)(\beta\alpha)n$, hier bildet also ein Draht die Fortsetzung des andern, in der zweiten Zeichnung hingegen ist, wenn der Zeiger auf links steht die Verbindung $p\begin{Bmatrix}ba\\ \beta\alpha\end{Bmatrix}n$, also sind die Ströme beider Rollen sowohl bei ihrem Eintritt in dieselben, als bei ihrem Austritt aus denselben mit einander vereinigt. Der Draht wirkt also als einer von halber Länge, aber doppelter Dicke. Diesen von Hrn. **Oertling** der **Saxton**'schen Maschine bereits gegebenen wesentlichen Verbesserungen wurden zum Behufe der folgenden Versuche von mir noch einige Einrichtungen hinzugefügt, welche aus zwei Walzen w_3, w_4 und drei Ständern E, F G zur Aufnahme schleifender Federn bestehen. In dieser Form kann dann der Apparat als ein zur Demonstration der Wirkungen des Extracurrent zu Anfang und zu Ende eines primären Stromes sehr bequemer empfohlen werden. Die vier Walzen befinden sich auf der gemeinsamen Drehungsaxe rv des Ankers, von den fünf, mit funfzehn Drahtklemmen

versehenen Ständern einer C auf der linken, vier auf der rechten Seite dieser Axe. Ein den beiden gewöhnlichen CD hinzugefügter Ständer E nämlich dient, um die Spirale zur Hervorbringung des Extracurrent zwischen beide schleifende Federn einzuschalten, deren Enden in Fig. 1 durch S, S_1 angedeutet sind [1]). Diese Spirale, welche Extraspirale heifsen mag, bestand aus zwei Rollen gut befirnifsten umsponnenen Drahtes von 400' Drahtlänge jede. Die Dicke des Drahtes ist $\frac{1}{4}$ Linie, die Weite der Rolle im Lichten 2" bei $4\frac{3}{4}$" Länge. Diese beiden Spirale können gleichartig und kreuzweise verbunden werden. Da diefs bekanntlich auf die Erscheinungen des Extracurrent keinen Einflufs hat, so erhält man durch diese Einrichtung ein einfaches Prüfungsmittel, ob man es mit diesem zu thun habe oder nicht. In die drei Ständer sind Drähte I, II, III eingeschraubt, von denen je zwei durch den Körper vermittelst Handhaben, oder durch einen Galvanometer, Voltameter etc. geschlossen werden können. Der Apparat ist also nach folgendem Schema angeordnet:



in welchem a der umwickelte rotirende Anker, s die Extraspirale, u die Unterbrechung vermittelst der intermittirenden Feder, I, II, III die Zuleitungsdrähte zum Strommesser bezeichnen [2]). Diese letzteren gestatten drei verschiedene Verbindungen nämlich I und II, I und III, II und III. Bei der ersten ist Anker und Extraspirale in der Verbindung, bei der zweiten nur der Anker, bei der letzten nur die Spirale.

Wäh-

1) Die beiden andern Ständer F und G haben nur den Zweck den Funken des Nebenstroms nachzuweisen, und werden erst unter 9) zur Sprache kommen.

2) In Fig. 1 ist die Stelle u der Holzeinsatz auf der Walze w_2, auf welcher die in 3) eingeklemmte Feder eben die metallische Oberfläche verlassen hat.

Während der Rotation des Ankers von 0° bis 90° ist der umhüllende Draht desselben vollkommen metallisch geschlossen. Die sich in ihm steigernde Intensität [1]) des primären Stromes entwickelt in der Spirale *s* einen entgegengesetzt fliefsenden Gegenstrom, der die Wirkung des primären demnach schwächt. Im Moment der Unterbrechung bei *u* hört der primäre Strom in *a* auf und es entwickelt sich dann, wenn nämlich die Spirale *s* ein in sich zurücklaufendes Ganze bildet, in derselben ein, mit dem primären gleichgerichteter Gegenstrom, der die Wirkungen des primären verstärkt. Soll die Bildung dieses zweiten mit dem primären gleichgerichteten Gegenstromes vermieden werden, so mufs im Moment der Oeffnung bei *u* die Extraspirale aus der schliefsenden Verbindung heraustreten. Diefs geschieht wenn I mit III verbunden wird. Schliefst man hingegen I mit II, so erhält man den primären Strom vermindert durch den Einflufs des entgegengesetzt fliefsenden während der Rotation von 0° bis 90° sich bildenden Anfangsgegenstromes, und vermehrt durch die Wirkung des bei der Oeffnung bei *u* sich bildenden mit dem primären gleichgerichteten Endgegenstromes. In welchem Sinne hier nun die Endwirkung geschehe, kann beurtheilt werden, wenn man statt der Spirale *s* eine, gleichen Leitungswiderstand darbietende, aber keine Spirale bildende Drahtlänge einschaltet. Die Schliefsung durch I und II giebt dann die Wirkung des primären Stromes allein. Schliefst man endlich II und III, so erhält man, wenn *s* geradlinig ausgespannt, gar keine Wirkung, hingegen, wenn *s* eine Spirale, einen mit dem primären gleichgerichteten Strom, d. h. die Wirkung des Endgegenstromes allein. Bezeich-

1) Um eine Anschauung dieser Steigerung zu erhalten, wurde eine nach der Art eines Blitzrades oder Mutators construirte Walze w_3 von 18 Unterbrechungen für die intermittirende, aus der Drahtklemme 3) schief sich anlegende Feder angewendet. Man fühlt dann sehr deutlich das Steigen und Fallen der physiologischen Wirkung.

net man daher mit p den primären Strom, mit A den Anfangsgegenstrom, mit E den Endgegenstrom, so erhält man bei I und II: $p - A + E$, bei I und III: $p - A$, bei II und III: E.

Physiologische Wirkung.

1) Ohne Einschaltung der Spirale erhält man stärkere Erschütterungen sowohl bei einmaliger als zweimaliger Oeffnung (90° und 270°), wenn der Zeiger des Pachytrop auf physiologisch gestellt ist als auf physikalisch. Schleift die Feder continuirlich, so fühlt man (selbst mit nassen Händen) keine Wirkung; die Wirkung auf den Körper, so lange er eine Nebenschliefsung bildet (0° bis 270°), kann also ganz vernachlässigt werden.

2) Schliefst man I und III ($p - A$) vermittelst Handhaben durch den Körper, so sind die Erschütterungen schwächer bei eingeschalteten Spiralen als ohne dieselben, nämlich p gröfser als $p - A$. Die physiologische Wirkung wird bedeutend *geschwächt* durch Hineinlegen von offenen eisernen Drahtbündeln und Röhren von Eisenblech in die Spiralen; weniger geschwächt durch Hineinlegen eiserner Drahtbündel in geschlossenen Röhren, massiver Stangen von weichem Eisen, weichem und harten Stahl, Gufseisen und Nickel; bleibt nahe wie bei eingeschalteten leeren Spiralen, wenn die hineingelegten Stangen von Kupfer, Zink, Zinn, Messing, Wismuth, Antimon, überhaupt von sogenannten unmagnetischen Metallen. Alle diese Erscheinungen bleiben dieselben, wenn die beiden, die Extraspirale bildenden Rollen gleichartig oder kreuzweise verbunden sind. Auch zeigen sie sich viel deutlicher, wenn der Zeiger auf physikalisch steht als auf physiologisch. Im ersten Falle hat aber der primäre Strom die Eigenschaft, weiches Eisen kräftiger zu magnetisiren [1]). Alle hier angeführten Thatsachen deu-

1) Entfernt man den Magneten der Saxton'schen Maschine, und schaltet statt der Extraspirale zwischen S und S_1 eine galvanische Kette

ten also auf einen Extracurrent, welcher entgegengesetzt gerichtet ist dem primären. Auf diese Wirkung hat es aufserdem keinen Einflufs, ob der primäre Strom ein stets gleichgerichteter oder alternirender ist.

3) Schliefst man II und III (E), in welchem Falle die leere Extraspirale bei dem Oeffnen allein in der Schliefsung bleibt, so erhält man kräftigere Schläge, wenn der Zeiger des Pachytrop auf physikalisch steht als auf physiologisch. Hineinlegen von offnen Drahtbündeln und Eisenblechröhren *verstärkt* den Schlag aufserordentlich. Diese Verstärkung ist geringer durch eiserne Drahtbündel in geschlossenen Röhren, massives Eisen, Stahl, Gufseisen und Nickel. Bei unmagnetischen Metallen war die Veränderung zu unbedeutend, um zu sagen, in welchem Sinne sie stattfände. Aus der Verbindung der unter 1) und 2) angeführten Resultate folgt, dafs der Extracurrent zu Anfang in seinen *negativen* Wirkungen durch dieselben Mittel gesteigert wird als der Extracurrent am Ende in seinen *positiven*, und dafs in beiden Fällen Drahtbündel stärker physiologisch wirken als massive Eisenmassen.

4) Schliefst man I und II ($p - A + E$), in welchem Falle der Anker und die Spirale in der Schliefsung bleiben, so erhält man fast so kräftige Schläge, als wenn gar keine Extraspirale eingeschaltet ist. Auch zeigt sich nur bei dem Hineinlegen von massivem Eisen mit einiger Sicherheit eine Schwächung, bei andern Eisensorten ist die Intensität der Erschütterung *unverändert*. Da nun

ein, so erhält man von den Handhaben I und II und I und III, bei der Rotation des Ankers, den Oeffnungsschlag der galvanischen Kette, indem der Anker sich nun in einen die galvanische Kette schliefsenden Elektromagnet verwandelt. Im ersten Falle geht der inducirte Strom durch die Kette und den Körper, im zweiten nur durch den Körper. I und III giebt, weil der Elektromagnet ausgeschlossen ist, keinen Schlag. Diese Erschütterung ist ebenfalls stärker, wenn der Zeiger auf physikalisch steht, als wenn er auf physiologisch zeigt.

in diesem Falle drei Ströme vorkommen, nämlich der primäre und beide Gegenströme, so geht daraus hervor, dafs diese beiden einander fast vollkommen das Gleichgewicht halten, und dafs nur ein schwacher Ueberschufs auf Seiten des Anfangsgegenstromes bleibt. Hineinlegen von Eisen ist also die beinahe gleiche Verstärkung zweier eine Differenz bildender Gröfsen *A* und *E*.

5) Ganz mit den bisher angeführten übereinstimmende Resultate wurden erhalten, als die Oeffnung durch die intermittirende Feder im Azimuth 45° oder bei alternirenden Strömen im Azimuth 45° und 135° geschah [1]. Doch zeigt sich mit der Combination I und II und II und III, in welchen beiden Fällen der Extracurrent mitwirkt, und bei einmal im Azimuth 45° sich öffnender Feder die eigenthümliche Erscheinung, dafs die beim Hineinlegen von Eisen verstärkten Stöfse bei schnellem Drehen des Ankers verschwinden, und bei noch schnellerem Drehen wieder eine physiologische Wirkung hervortritt. Diefs möchte in der Annahme eine Erklärung finden, dafs bei langsamen Drehen der aus den Wirkungen der Drahtwindungen auf einander in der Extraspirale entstehende Strom gleichzeitig sich bildet mit dem durch Verschwinden des Magnetismus des hineingelegten Eisens in diesen Windungen inducirten Strome, so dafs also dann die Intensitätsmaxima beider Ströme zusammenfallen. Bei schnellerem Drehen bleibt hingegen dieser letztere Strom hinter jenem zurück, so dafs bei einer gewissen Drehungsgeschwindigkeit die Maxima desselben auf die Minima des ersten fallen. In diesem Falle wird dann ein Strom von unveränderter Intensität durch den Körper gehen, wel-

1) Die Walze w_3, auf welcher die intermittirende Feder schleift, kann nämlich gedreht werden, so dafs diese in jedem beliebigen Azimuth sich öffnen kann. Diese Drehbarkeit erreicht man bequem dadurch, dafs man die Zwischenräume der Walzen w_1, w_2, w_3, w_4 mit Holzüberkleidungen der Axe ausfüllt, und sie durch eine Feder bei v sämmtlich an die erste Walze anprefst.

cher als vollkommen gleichbleibender Reiz nicht empfunden wird, wofür sich bei Froschversuchen entsprechende Erfahrungen finden. Bei noch schnellerem Drehen werden dann wieder durch Zusammenfallen der Maxima Ungleichheiten der Intensität entstehen, welche empfunden werden. Dadurch würde sich auch erklären, dafs diese physiologischen Interferenzerscheinungen nur bei einer bestimmten Eisenmasse sich in voller Reinheit nämlich bis zum vollkommenen Verschwinden zeigen, und dafs man durch Eisendrähte, deren Menge sich demgemäfs reguliren läfst, sie am leichtesten zu erhalten vermag.

Funken.

6) Da während des vollständigen metallischen Schlusses die Extraspirale und der Anker in den Kreis des Stromes aufgenommen sind, so erhält man hier unmittelbar den Fall, der bei den physiologischen Versuchen durch Schliefung von I und II bestimmt wird, also $p - A + E$. Weil aber während der Rotation des Ankers von 0° bis 90° das in der Extraspirale befindliche Eisen magnetisirt wird, welcher Magnetismus im Moment der Oeffnung nicht sogleich ganz verschwinden kann, so wird die Anwesenheit des Eisens A mehr verstärken als E, also den Funken überhaupt schwächen. Diefs ist nun in so auffallendem Grade der Fall, dafs bei dem Hineinlegen von Eisencylindern in die Spirale der vorher glänzende Funke fast vollkommen verschwindet. Dafs diese Schwächung des Funkens aber durch einen von der Spirale erzeugten Gegenstrom bewirkt werde, geht daraus hervor, dafs, so wie man II und III metallisch schliefst, der Oeffnungsfunke bei u wiederum seinen vollen Glanz erhält, während die Schliefsungen I und II oder I und III natürlich jeden Funken bei u verhindern.

7) Wie unter 4) bereits angeführt wurde, dafs nur bei massiven Eisenstangen eine deutliche Verminderung der Schläge gespürt wird, nicht aber bei Drahtbündeln

und andern Eisensorten, so ist auch die Schwächung des Funkens durch Hineinlegen von massiven Eisenstangen bedeutender als durch Hineinlegen derselben Eisenmasse in Form isolirter Drahtbündel, und stärker, wenn das Drahtbündel in einer leitenden Hülle (eine Messingröhre) als ohne dieselbe. Alles nämlich, was eine Verzögerung der Gegenströme bewirkt [1]), wird die Maxima ihrer Intensität der Zeit nach weiter hinausrücken. Dadurch wird also die Wirkung des Anfangsgegenstroms vermehrt, die des Endgegenstromes hingegen vermindert werden.

8) Aus diesen Thatsachen erklärt sich daher wohl auch, dafs bei einer im Azimuth 135° sich erst öffnenden Feder bei Hineinlegen von Eisen in die Spirale noch eine, freilich sehr schwache, Verminderung der Helligkeit des Funkens erfolgt, und dafs die physiologische Wirkung bei dem Schliefsen von I und II durch den Körper ebenfalls etwas vermindert erscheint, obgleich ohne Einschalten der Spirale bei dieser Stellung des Ankers der primäre Strom sein Maximum bereits überschritten hat, und sich im Zustande abnehmender Intensität befinden wird. Im Allgemeinen nämlich wird, an welcher Stelle auch immer die Unterbrechung im zweiten Quadranten erfolgt, der erste Gegenstrom immer längere Zeit durch das eingeführte Eisen verstärkt worden seyn, als der zweite, der primäre Strom also mehr an Intensität im ersten Quadranten durch den ersten Gegenstrom verloren haben, als er im zweiten bis zur Unterbrechung durch Hineinlegen des Eisens gewinnt.

9) Will man den physiologischen Versuchen, bei welchen der Körper entweder I und III oder II und III schlofs, entsprechende für den Funken anstellen, so mufs eine Vorrichtung vorhanden seyn, die metallischen Schlie-

1) In Beziehung auf das Verhältnifs massiver Eisenmassen und Drahtbündel bei galvanischer und elektrischer Induction, siehe Bericht 1839, S. 163 und 1841, S. 296, und Poggend. Ann. Bd. XXXXIX S. 72 und Bd. LIV S. 305.

sungen I und III oder II und III in dem Moment zu öffnen, wo die Feder bei u geöffnet wird. Diefs geschah durch Aufsetzen einer mit der zweiten Walze w_2, an welche u federt, identischen, und zwar von der Axe isolirten vierten w_4, auf welcher je zwei der Federn I, II, III schleifen, eine, nämlich die in 14) des Ständers G eingeklemmte, continuirlich, die andere, von 13) des Ständers F ausgehend, intermittirend, welche von den Ständern F und G getragen werden. Verbindet man nämlich die Klemme 7) mit 12) durch einen Draht, und eben so 15) mit 4) durch einen zweiten Draht, so wird im Moment wo die von 13) ausgehende Feder auf der Walze w_4 auf Holz gelangt, die bisher bestandene Nebenschliefsung II, III geöffnet; verbindet man hingegen 7) mit 12) und 15) mit 8) durch Drähte, so wird, wenn jene Feder auf Holz gelangt, die bisher bestandene Nebenschliefsung I und II geöffnet.

Hier mufs aber berücksichtigt werden, dafs dieser Fall, so wie der sogleich zu betrachtende der chemischen Zersetzungen, doch nicht vollkommen der experimentellen Anordnung bei den physiologischen Versuchen sich vergleichen läfst. Da nämlich der Körper einen bedeutenden Leitungswiderstand darbietet, so konnte sein Einflufs auf den Hauptstrom, so lange er bei geschlossenem u eine Nebenschliefsung bildet, vernachlässigt werden. Diefs ist aber keineswegs der Fall, wenn, wie hier, bei geschlossenem u I und II oder II und III eine ganz metallische Nebenschliefsung bildet, bei welcher das Galvanometer anzeigt, dafs ein grofser Theil des Hauptstroms diesen Weg nimmt. Nun wird man sich immer den in der Extraspirale entstehenden Gegenstrom A unter dem Bilde eines gröfseren Widerstandes denken können, welchen diese Spirale dem durch den Anker erzeugten primären Strom p entgegensetzt. Hineinlegen von Eisen vermehrt diesen Widerstand, und es wird in diesem Falle also ein gröfserer Theil von p den Weg durch die Ne-

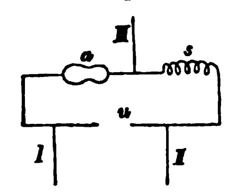
benschliefsung I, III nehmen, als wenn kein Eisen in der Extraspirale vorhanden ist. Und in der That wird dann auch der Funke hier viel lebhafter, während der bei u fast verschwindet. Für die Schliefsung II und III ist die Verstärkung des Funkens nichts Unerwartetes in sofern da E gesteigert wird. Da bei der getroffenen Einrichtung des Apparates der Oeffnungsfunke bei u und der zwischen I und III oder II und III unmittelbar neben einander entstehen, so bildet, wenn Eisen in die Extraspirale gelegt wird, die wachsende Intensität des einen entsprechend der abnehmenden des andern ein sehr belehrendes Schauspiel. Uebrigens kann auch hier und bei den folgenden Versuchen der Apparat so angeordnet werden, dafs die funkengebende Vorrichtung, das Galvanometer und Voltameter, keine Nebenschliefsung bildet. Die Federn 13) und 14) dürfen nur so weit auf der Walze w_4 links geneigt werden, dafs wenn die Feder 3) auf Holz der Walze w_2 gelangt, die Feder 13) auf w_4 Metall berührt und umgekehrt. In dem Schema wird dann, wenn bei u die Oeffnung erfolgt, erst I und III oder II und III geschlossen. Dem Strome wird daher dann stets nur ein Weg dargeboten.

Galvanometer.

10) Da bei continuirlich schleifenden Federn alternirende Ströme mit einander abwechseln, so erhält man in diesem Falle, selbst wenn das Galvanometer eine Nebenschliefsung bildet, die Erscheinungen der sogenannten doppelsinnigen Ablenkung, bei welcher die Nadel in dem Sinne bewegt wird, in welchem sie bereits gegen die Windungen des Galvanometers, ohne von einem Strome bewegt zu seyn, gerichtet ist [1]). Etwas Aehn-

1) Umwickelt man einen geschlossenen eisernen Ring ganz mit übersponnenem Kupferdraht, so dafs, wenn man ihn sich aufgeschnitten und gerade ausgestreckt vorstellt, er einen ganz umwickelten geraden Elektromagneten darstellen würde, so erhält man durch unipolare Induction eines Magneten, von welchem ein Pol sich neben dem auf

liches findet natürlich statt, wenn bei zwei Mal unterbrechender Feder (Azimuth 90° und 270°) der Draht des Galvanometers während der Rotation des Ankers durch den zweiten und vierten Quadranten keine Nebenschliefsung, sondern die Hauptschliefsung bildet. In diesem letzteren Falle tritt die Erscheinung kräftiger hervor. Wird die Feder hingegen nur ein Mal während jeder ganzen Umdrehung des Ankers im Azimuth 90° unterbrochen, so wird das Galvanometer während es bei der Drehung 90° bis 270° eine Nebenschliefsung bildet, allerdings von alternirenden Strömen durchflossen, so wie er aber durch Oeffnung der Feder Hauptschliefsung wird, nur von einem stets gleich gerichteten Strome bewegt. Da dieser letztere kräftiger ist als der alternirende, so wird die normale Ablenkung überwiegen über die doppelsinnige. Auf diese Weise findet man, wenn das Galvanometer zwischen I und II ($p-A+E$), zwischen I und III ($p-A$) und zwischen II und III (E) eingeschaltet ist, einen in Beziehung auf den Anker stets unverändert gerichteten Strom, nämlich den Strom, welcher in dem Drahte desselben auch *vor* dem Einschalten der Extraspirale circulirt, d. h. (p). Fliefst dieser letztere nämlich in dem Schema, wie der Zeiger einer Uhr von a nach s, so erfolgt er in dem zwischen I und III eingeschalteten Galvanometer von III nach I, in dem zwischen II und III eingeschalteten von II nach III, in dem zwischen I und II eingeschalteten von II nach I. Diese drei Ablenkungen der Galvanometernadel erfolgen aber, wie früher gezeigt wurde, durch die Ströme $p-A$, E und $p-A+E$, und da sie stets mit p gleichgerichtet



einer Rotationsmaschine befestigten Ringe befindet, bei langsamen Drehen des Ringes in seiner Ebene um seinen Mittelpunkt einen Strom, dessen Richtung von dem Sinne der Drehung abhängt. Bei schneller Drehung aber wird die Nadel des Galvanometers nicht afficirt.

sind, so folgt unmittelbar, dafs p stets gröfser als A, d. h. dafs der Anfangsgegenstrom den primären nie umzukehren vermag.

Uebrigens erhält man die galvanometrischen Resultate einfacher, wenn man den Anker, bei im Azimuth 90° abreifsender Feder, nur ein Mal von 0° bis 180° dreht, ihn aber nicht in continuirliche Rotation versetzt. In dieser Weise kann die Intensität der verschiedenen Ströme bei Anwesenheit von Eisen in der Spirale oder ohne dasselbe gemessen werden, wobei die Intensität von A durch Elimination aus den durch die andern Beobachtungen gegebenen Gleichungen unmittelbar folgt.

Chemische Zersetzung.

11) Das Voltameter wurde unmittelbar in den Kreis des elektrischen Stromes aufgenommen, welcher vermittelst der gespaltenen Federn Y in stets gleicher Richtung circulirte. Der Leitungswiderstand besteht also in diesem Falle aus dem Widerstande des den Anker umhüllenden Drahtes und dem der Flüssigkeit zwischen den Elektroden des Voltameters. Bei dem Einschalten der Spirale wird der erste Theil des Leitungswiderstandes noch nicht ganz verdoppelt. Die gewonnene Gasmenge war aber nur $\frac{1}{5}$ der ohne Spirale erhaltenen, und wurde bei Einschalten des Eisens noch bedeutend vermindert. Ganz ähnliche Ergebnisse wurden bei alternirenden Strömen erhalten, welche ohne Unterbrechung einander folgten, da die Federn ohne Unterbrechung angewendet wurden. Sieht man daher die erhaltene Gasmenge als Maafs der innerhalb einer gegebenen Zeit durch den Draht hindurchgegangenen Elektricitätsmenge an, so wird diese in der That vermindert durch die Wirkung der Windungen der Spirale auf einander, und durch den im Eisen, welches sie umgiebt, hervortretenden Magnetismus.

Schliefst man I und III oder II und III durch das Voltameter, ohne bei a die metallische Verbindung auf-

zuheben, bildet also in diesem Falle das Voltameter eine Nebenschliefsung, ein Mal des Ankers und dann der Extraspirale, so wird in beiden Fällen durch Hineinlegen von Eisen die Wasserzersetzung bedeutend gesteigert. In beiden Fällen sind die Ströme alternirend. Schliefst man *u* metallisch und I und II durch das Voltameter, so folgt keine Zersetzung. Ganz ähnliche Verhältnisse für I und III zeigen sich, wenn bei *u* im Azimuth 90° oder 90° und 270° geöffnet wird. Dann giebt aber auch I und II bei einmaliger Oeffnung im Azimuth 90°, also stets gleichgerichtetem Strome, Gas, und zwar bedeutend mehr bei leeren Spiralen, als wenn Eisen darin liegt.

Die chemischen Wirkungen gehen also parallel den bei den Funken beobachteten Erscheinungen. Auch hier sind die von dem Gegenstrom abhängigen Erscheinungen auffallender, wenn der Zeiger des Pachytrop auf physikalisch steht als auf physiologisch.

12) Obgleich es von vorn herein wahrscheinlich ist, dafs primäre Ströme, welche durch Magnetisiren von weichem Eisen erregt werden, sich identisch verhalten mit Strömen, welche von einem bewegten Magneten inducirt werden, so schien es doch wünschenswerth, auch diefs empirisch nachzuweisen. Statt des mit Drath umwickelten eisernen Ankers wurden daher an der Axe desselben zwei leere Drahtrollen befestigt, übereinstimmend mit den die Schenkel des Ankers umhüllenden Rollen [1]). Das Einschalten der Spirale, selbst ohne Eisenkern, bewirkte für diesen hohlen Drahtanker genau dieselben Modificationen der physiologischen Wirkungen als die 1) bis 4) für den eisernen Anker beschriebenen. Das Ergebnifs ist deswegen wichtig, weil es die Ansicht beseitigt, dafs, um *A* über *E* überwiegend zu erhalten, Anwesenheit von Eisen erfordert werde. Auch hat die Form des Eisens, welches inducirend wirkt, keinen Einflufs;

1) Dieser Anker ist in der folgenden Abhandlung abgebildet.

denn dieselben Resultate werden erhalten, wenn der Anker der Maschine aus eisernen Drahtbündeln besteht.

Der Zweck der vorhergehenden Arbeit überhaupt war, die Wirkung von $p-A$ empirisch kennen zu lernen, und dadurch den Weg zu bahnen zur Erläuterung der complicirten Erscheinungen, in welchen $p-A+E$ wirkt. Zu diesem Gebiete gehören wahrscheinlich die Phänomene der Induction durch Maschinenelektricität, bei welchen, wegen der kurzen Dauer des Stromes p, man anfangs glaubte, dafs A und E sich vollständig aufheben müsse, gegen welche Annahme die Erfahrung aber entschieden hat.

V. *Ueber die durch Annäherung von massivem Eisen und von eisernen Drahtbündeln an einen Stahlmagneten inducirten elektrischen Ströme; von H. W. Dove.*

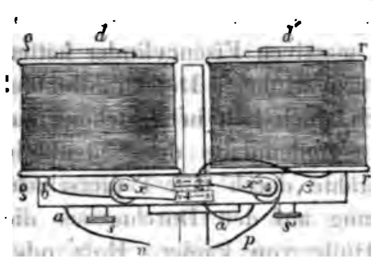
Der bei den folgenden Versuchen angewendete, ebenfalls von Hrn. Oertling angefertigte Apparat war nach dem Principe des Differential-Inductors construirt, dessen ich mich bei galvanischer Induction (Bericht 1838, S. 27; 1839, S. 72 und 163) und bei elektrischer Induction (1841, S. 296) bediente, und welcher in Poggendorff's Ann. Bd. LIV Taf. II abgebildet ist. Die merkwürdigen Unterschiede, welche sich in Beziehung auf das Verhalten der Drahtbündel in geschlossenen und ungeschlossenen Hüllen und der massiven Eisenstangen zeigten, je nachdem sie auf galvanischem und thermoelektrischem Wege oder vermittelst Maschinenelektricität magnetisirt wurden, und nun inducirend auf einen sie umhüllenden Draht wirkten, machte es wünschenswerth, eine ähnliche Untersuchung in Beziehung auf dieselben

Substanzen anzustellen, wenn diese durch Annähern an oder durch Entfernen von einem Stahlmagnet magnetisirt werden, weil in diesem Falle in dem Eisen nicht gleichzeitig mit dem Magnetisiren elektrische Ströme erregt werden.

Der Apparat unterscheidet sich von der im Vorigen beschriebenen Saxton'schen Maschine nur durch den Anker, der hier von Holz ist, mit leeren Ansatzrollen von Kupferdraht *rr* und *ϱϱ*, in welche hier massive Eisencylinder *d* und Drahtbündel *d'* gesteckt und durch eine Schraube *ss* in der Querholzplatte des Ankers festgeschraubt werden. Die massiven Eisencylinder hatten 13‴,6 Durchmesser bei 22‴,5 Höhe. Die Drahtbündel hatten gleiche Dimensionen, doch fällt in Beziehung auf die Länge die messingene Bodenplatte der Seitenhülle weg, von welcher die Drähte durch eine Papierschicht getrennt sind, in Beziehung auf den Durchmesser die Dicke der umfassenden Hülle von Papier, Holz oder Messing. Da nämlich das Abreifsen der schleifenden Feder für die Mitte der Rolle stets in gleicher Weise geschehen mufs, so müssen die Eisendrähte in Beziehung auf die Axe der hohlen Drahtrolle symmetrisch liegen, also ein für allemal befestigt werden. Diefs geschieht in hohlen Holzfassungen und in Messingfassungen, von denen bei zwei gleichen eine der Länge nach aufgeschnitten und eine geschlossen war. Solche mit Drähten gefüllte Einsatzstücke waren 9, von 44 Drähten bis 310, die letzteren mit einer Papierhülle, deren Drähte durch Lack zusammengehalten waren. Alle Eisendrähte sind zu besserer Isolation stark gefirnifst.

Um die beiden Rollen gleichartig und alternirend zu verbinden, müssen die Enden der beiden Rollen nicht unmittelbar mit der ersten und zweiten Eisenwalze der Axe des Ankers, auf welcher die Federn schleifen, verbunden werden, sondern frei bleiben. Eine Verbindung dieser freien Enden durch Drahtklemmen ist aber mifs-

lich, da bei nicht ganz festem Anklemmen und schnell rotirendem Anker diese Klemmen leicht abgeschleudert werden können. Ich habe daher eine Vorrichtung am Anker angebracht, die, da sie zum compensiren bestimmt ist, *Compensator* heifsen mag, und welche durch zwei bewegliche Zeiger x, x' erlaubt, beide Rollen gleichartig, beide alternirend zu verbinden, und auch nur eine Rolle wirken zu lassen. Im ersten Falle stehen in der folgenden Zeichnung die Zeiger auf ++, im zweiten auf —— und im dritten auf +—.



+— und —+ sind zwei unter einander befindliche Kupferplättchen, unter dem oberen ist β unter dem unteren α eingeklemmt. Der Drehpunkt des Zeigers x' führt vermittelst p zu der einen Eisenwalze, auf welcher die Federn schleifen, der Drehpunkt des Zeigers x hingegen vermittelst der ganzen Rolle ba durch n zu der andern. Bei der Stellung der Zeiger ++ ist also die Verbindung $p\beta aban$, bei der Stellung —— hingegen $pa\beta ban$, bei der Stellung +— endlich $pban$, wobei gleichgültig ist, ob die Verbindung an dem oberen oder unteren Plättchen geschieht.

Bei der Stellung des Compensators —— findet für die leeren Spiralen für physische, chemische und physiologische Prüfungen Stromgleichgewicht statt. Aufhebung dieses Stromgleichgewichts durch Hineinlegen verschiedener Substanzen in die Rollen zeigt, dafs die hineingelegten Substanzen verschieden wirken und aus der Richtung des hervortretenden Stromes läfst sich bestimmen, welche überwiegt. Da aber diese Substanzen im Allgemeinen ungleiches Gewicht haben, so mufs die Axe des Ankers mit konischen Zapfen ohne Schlottern in konisch versenkten Löchern sich drehen, weil nun bei der

Rotation die bewegten Massen nicht mehr symmetrisch in Beziehung auf die Rotationsaxe vertheilt sind.

Das Endergebnifs der mit diesem Apparat angestellten sehr weitläufigen Versuchsreihe war, dafs in Beziehung auf physiologische Wirkung, Erwärmung des elektrischen Thermometers, Ablenkung der Galvanometernadel, Magnetisiren des weichen Eisens, chemische Zersetzung und Funken der massiven Cylinder überwiegt über isolirte eiserne Drahtbündel. Das Experimentum crucis in diesem Gebiete ist das, dafs zwei gleiche eiserne Drahtbündel, eins in einer geschlossenen, das andere in einer der Länge nach aufgeschnittenen Röhre einander vollkommen das Gleichgewicht halten. Die durch directes Magnetisiren des Eisens inducirten Ströme unterscheiden sich demnach von den durch Elektromagnetisiren des Eisens erregten dadurch, dafs jenen die charakteristichen Kennzeichen fehlen, welche bei diesen durch gleichzeitig im Eisen erregte elektrische Ströme erklärt werden können.

Aus den Untersuchungen nämlich, welche ich, diese Annalen, Bd. XXXXIX S. 72 und Bd. LIV S. 305, über die von magnetisirten eisernen Drahtbündeln inducirten elektrischen Ströme bekannt gemacht habe, ergeben sich folgende Resultate:

1) Eisen, in Form massiver Stangen oder in der Form isolirter Drahtbündel durch den Strom einer galvanischen Kette, einer Thermosäule oder Thermokette, einer Leydner Flasche oder Batterie, endlich durch Annähern an einen Stahlmagneten magnetisch erregt, bedingt elektrische Ströme in einem es umgebenden Drahte, wenn dieser Magnetismus verschwindet.

2) Die inducirende Wirkung derselben Eisenmasse, als ununterbrochenes Continuum, ist im Allgemeinen sehr verschieden von der Wirkung derselben Eisenmasse, wenn sie in isolirte Drähte aufgelöst ist; diese Verschiedenheit

ist aber anderer Art, je nach der Weise, wie das Eisen magnetisirt wurde.

3) Bei dem Magnetisiren des Eisens durch Annähern an einen Stahlmagneten steigert sich durch Auflösen desselben in Drähte keine Wirkung des vom verschwindenden Magnetismus inducirten Stromes, auch wirkt ein von einer geschlossenen leitenden Hülle umgebendes Drahtbündel, wie ein offen daliegendes.

4) Bei dem Magnetisiren des Eisens durch den Schliefsungsdraht einer galvanischen oder Thermokette bleibt, bei dem Auflösen des Eisens in Drahtbündel, zwar die galvanometrische Wirkung des Stromes, welchen der bei dem Oeffnen der Kette verschwindende Magnetismus erzeugt, dieselbe, so wie die Eigenschaft dieses Stromes, weiches Eisen zu magnetisiren; seine physiologischen Wirkungen, die bei seiner Unterbrechung erscheinenden Funken und der durch ihn im Stahl hervorgerufene Magnetismus sind aber viel kräftiger. Umgiebt man das Drahtbündel mit einer leitenden Hülle, so verhält es sich wie eine massive Eisenmasse. Ist die Hülle hingegen der Länge nach aufgeschnitten, so wirkt es fast so kräftig wie ein offen liegendes.

5) Die eben angeführten Unterschiede zwischen eisernen Stangen und eisernen Drahtbündeln erreichen ihr Extrem, wenn das Magnetisiren derselben durch den Entladungsschlag einer Leydner Flasche geschieht. Eine Drahtspirale mit Eisenkern inducirt nämlich einen in allen seinen Wirkungen stärkeren Strom in einer sie umgebenden Nebenspirale, als die leere Drahtspirale ohne Eisenkern, wenn der galvanische Strom, welcher dieses Eisen magnetisirte, aufhört. Die Verstärkung der physiologischen Wirkung durch Auflösen dieses Eisenkerns in Drähte ist daher eine Steigerung einer bereits von dem massiven Eisen auch ausgeübten Wirkung. Die inducirende Wirkung der von dem momentanen Strome einer sich entladenden Leydner Flasche durchflossenen leeren Spi-

Spirale ist hingegen, was die physiologischen und elektroskopischen Wirkungen des Nebenstromes betrifft, gröfser, als wenn ein massiver Eisenkern in derselben enthalten ist, hingegen kleiner, als die, welche ein darin befindliches eisernes Drahtbündel hervorbringt. Umgiebt man das Drahtbündel mit einer geschlossenen Hülle, so wirkt das vorher verstärkende Bündel nun wie eine massive Stange, d. h. schwächend. Der thermische Effect des Nebenstromes wird hingegen, sowohl durch massives Eisen als durch Drahtbündel, geschwächt, die Eigenschaft, Stahl zu magnetisiren, hingegen durch beide verstärkt.

6) Der Einflufs leitender Hüllen entsteht durch einen von dem Schliefsungsdrahte in denselben inducirten elektrischen Strom, der sich in ihnen nachweisen läfst, wenn man die Ränder der der Länge nach aufgeschnittenen Hüllen durch ein Galvanometer oder ein anderes Rheoskop schliefst. Aufgeschnittene Röhren mit unverbundenen Rändern sind eben so unwirksam als umhüllende Drahtspiralen mit unverbundenen Enden, oder aus einem zusammengelegten doppelten Draht gewickelte mit verbundenen Enden. Hingegen wirken eiserne Drahtbündel umgebende Spiralen mit verbundenen Enden, wie der Länge nach geschlossene Röhren, und beide desto kräftiger, je leitender die Substanz, aus der sie gebildet. Bei dem Magnetisiren der eisernen Drahtbündel durch Annähern an einen Magnet sind sie unwirksam, weil hier kein Schliefsungsdraht, wie bei dem Elektromagnetisiren, vorhanden ist, der in ihnen einen elektrischen Strom erregt. Bei massiven Eisenstangen wirkt die Oberfläche derselben, wie die leitende Hülle, welche ein Drahtbündel einschliefst. Dadurch erklärt sich, dafs Nickel als massive Stange, durch die Entladung einer Kleist'schen Flasche magnetisirt, stärker inducirt als Eisen. Es verhält sich wie ein Drahtbündel in einer schlechter leitenden Hülle, Eisen wie ein Bündel in einer gut leitenden.

7) Der in der leitenden Hülle erregte elektrische Strom scheint auf die von dem verschwindenden Magnetismus des Drahtbündels in Bewegung gesetzte Elektricitätsmenge keinen Einfluſs zu haben, diese Bewegung selbst aber zu verzögern. Dadurch erklärt sich, daſs der von einem Drahtbündel inducirte Strom bei galvanischer Gleichheit einen von massivem Eisen erregten in seiner physiologischen Wirkung übertrifft.

8) Classificirt man daher die Ströme nach diesem Verhältniſs der galvanometrischen und physiologischen Wirkung, so würden sie folgende Reihe bilden:

Strom der sich entladenden Leydner Flasche;
Strom, inducirt durch ein elektro-magnetisirtes isolirtes Drahtbündel;
Strom, inducirt durch elektromagnetisirtes massives Eisen;
Strom der Saxton'schen Maschine;
Strom der geschlossenen Hydrokette und Thermokette.

VI. *Versuche zur Beantwortung der Frage, ob der Funke, welcher bei Unterbrechung eines, einen elektrischen Strom leitenden Drahtes wahrgenommen wird, im Moment der Unterbrechung erscheint oder eine meſsbare Zeit nach dieser Unterbrechung; von H. W. Dove.*

Bei der Saxton'schen Maschine wird der Strom unterbrochen, wenn die schleifende Feder von Metall auf Holz gelangt. Dieſs findet statt bei einer bestimmten Stellung des Ankers. Erscheint der Funke im Moment der Unterbrechung, so muſs der Anker diese Stellung haben, erscheint er später, so muſs seine Stellung einem späteren Stadium der Rotation entsprechen. Der Unter-

schied beider Stellungen wird desto größer werden, je schneller die Rotation. Nun scheint aber der Anker, wenn die Maschine im Finstern langsam oder schnell gedreht wird, von dem entstehenden Funken beleuchtet, vollkommen in jener ersten Stellung still zu stehen, selbst wenn man ein mit einem Fadenkreuz versehenes Fernrohr auf eine Marke des Ankers einstellt. Es vergeht also keine durch diese Mittel (obgleich sie geringere Größen als $\frac{1}{1000}$ Secunde messen lassen) meßbare Zeit zwischen Unterbrechung der Leitung und Entstehung des Funkens.

VII. *Die Gesetze der Hemiëdrie;*
von M. L. Frankenheim [1]).

In vielen Krystallreihen unterscheiden sich Flächen und Linien, deren relative Lage übereinstimmt, durch die Häufigkeit des Vorkommens, ihre Ausdehnung, ihr Ansehen, die Reflexion und Brechung des Lichts, oft auch durch eine, bei Temperaturveränderungen sich entwickelnde, Elektricität. Man hat diese Erscheinung, die sich bei einigen der am häufigsten vorkommenden Krystallreihen findet, schon früh beobachtet, und weil es stets die Hälfte oder ein Viertheil von den der Symmetrie nach einan-

1) Aus *meinem System der Krystalle*, in dem jetzt erscheinenden 19. Bande der *Acta Acad. Nat. Cur. Pars II p.* 469—660. Diese Schrift enthält eine systematische Anordnung und Charakteristik sämmtlicher bis jetzt beobachteter Krystalle, und in den Anmerkungen zu den einzelnen Ordnungen theils eine Rechtfertigung der von mir angenommenen Charakteristik, theils theoretische Untersuchungen, welche sich auf die Krystalle der Ordnung beziehen. Den Schluſs der Abhandlung machen einige Betrachtungen über Mischungsgewichte, Isomorphie, Isomerie und Hemiëdrie. Was nun am Schlusse der Abhandlung und in den Einleitungen zu den einzelnen Klassen über Hemiëdrie mitgetheilt ist, habe ich hier zusammengestellt.

der gleichen Flächen ist, die sich von den übrigen unterscheiden, sie *Hemiëdrie* und *Tetartoëdrie* genannt. Aber so ausführlich unsere Krystallographen in der Beschreibung der einzelnen Krystallformen sind, so ist es doch, mit Ausnahme einer einzigen jetzt nicht mehr genügenden Arbeit [1]), niemals versucht, diesen für die Charakteristik der Krystalle unentbehrlichen Gegenstand wissenschaftlich zu behandeln. Zwischen den Beschreibungen der Krystalle und den Figuren, welche in der Krystallographie niemals ein treues Abbild der Beobachtung selbst sind, sondern nur von der Ansicht, die man sich von dem Krystalle gemacht hat, finden sich oft die gröfsten Widersprüche; und Hypothesen werden aufgestellt, die mit einer festen Vorstellung von der Hemiëdrie unvereinbar sind. Ich glaube daher eine Lücke in der Wissenschaft auszufüllen, wenn ich es versuche, die Gesetze der Hemiëdrie in ihrem Zusammenhange und ihrer Nothwendigkeit darzustellen.

Die Krystallographie beruht auch auf *einem* Gesetze, dem der *Rationalität*. Wenn man drei nicht in einer Ebene liegende Normalen zu Axen nimmt, so ist die Gleichung jeder Normale in der Krystallreihe:

$$\frac{x}{aA}=\frac{y}{bB}=\frac{z}{cC},$$

wenn $A : B : C$ für alle Normalen einer Krystallreihe dasselbe Verhältnifs haben, $a\ b\ c$ rationale Zahlen sind. Die Winkel zwischen den Axen $yz=\alpha$, $zx=\beta$, $xy=\gamma$, können jede beliebige Gröfse haben; bei einer schicklichen Wahl der Axen und des Verhältnisses $A : B : C$ erlangen jedoch die Coëfficienten $a\ b\ c$ selten einen andern Werth als 0, ∓ 1, ∓ 2, ∓ 3, ∓ 4. Von diesem

1) *Isis* von Oken, 1826, 5. und 6. Heft. Ich schrieb diese Abhandlung zu einer Zeit, als man noch, mit Ausnahme des hexagonalen Systems, blofs rechtwinkliche Axen annahm.

einfachen Gesetze sind alle Sätze, die man zur allgemeinen Krystallographie rechnen kann, z. B. die Unmöglichkeit von regulär fünfseitigen Figuren, die Existenz der bekannten sechs Klassen und der verschiedenen Formen, die aus gleichartigen Flächen bestehen, eine nothwendige Folge.

Die Normale, deren Gleichung $\frac{x}{aA}=\frac{y}{bB}=\frac{z}{cC}$ ist, wird durch abc vollständig bezeichnet. Ist ein Coëfficient z. B. b negativ, so schreibt man $ab'c$. Die vollständige Gleichung der Normale $1'23'$ ist also $-\frac{x}{A}=\frac{y}{2B}$ $=-\frac{z}{3C}$. Wenn einer der Coëfficienten aus zwei Ziffern besteht, so kann man, wo ein Mifsgriff zu befürchten ist, sie durch Punkte von einander trennen. Dieses ist aber wahrscheinlich niemals nöthig; denn die hin und wieder angegebenen Flächen, welche für a, b und c auf Werthe führen, welche in ganze Zahlen aufgelöst $>q$ sind, können wohl nur entweder von einer unzweckmäfsigen Wahl der Grundform oder von einem Beobachtungsfehler herrühren. Wenigstens habe ich sie niemals mit Sicherheit beobachtet; wohl aber sehr häufig sieht man dagegen Krystallgruppen, deren Flächen unter sehr stumpfen Winkeln zusammenstofsen, und die leicht für einfache Individuen gehalten werden können, wenn man sie nicht nach ihren Durchgängen oder unter dem Mikroskope untersuchen kann. Ueberhaupt ist ein Tröpfchen, in dem sich mikroskopische Krystalle bilden, ein weit besseres Mittel die meisten Gesetze der Krystallisation kennen zu lernen, als die zollgrofsen Krystalle.

Jeder vollständige Krystall ist von vier oder mehr Flächen begränzt, von denen natürlich diejenigen, welche in ihren Eigenschaften einander gleich sind, auch in der Regel dasselbe Ansehen haben, und wenn ihnen, als der Krystall sich bildete, auch das Material in glei-

cher Menge zugeführt wurde, auch eine gleiche Ausdehnung und eine gleiche Gestalt besitzen. *Sonst übt keine Fläche irgend einen Einflufs auf eine andere aus.* Man wählt nun die Axen stets so, dafs sich die Aehnlichkeit zweier Flächen auch in ihrer Bezeichnung ausspricht. Dieses kann zuweilen auf mehrfache Weise geschehen, und es ist dann am bequemsten von den Winkeln α, β, γ zwischen den Axen wo möglich zwei oder drei $= 90°$ zu nehmen.

Unter den Flächen, deren Lage zur gesammten Krystallreihe übereinstimmt, findet nun bald auch eine physische Gleichheit statt, bald unterscheidet sich eine Hälfte oder ein Viertheil physisch von den übrigen Flächen. Die Unterabtheilungen, die dadurch entstehen, will ich Familien nennen. In jeder Klasse sind mehrere Familien vorhanden. Um diese vollständig aufstellen zu können, gehe ich von folgenden Grundsätzen aus:

1) Jede Familie behält das Princip der Klasse bei, zu der sie gehört.

2) In *einer* Krystallreihe findet für alle Flächen in der Art ihrer Holoëdrie oder Hemiëdrie dasselbe Gesetz statt.

Diese beiden Sätze wird wohl Niemand bestreiten; aber alles, was folgt, ist nur ein nothwendiges Resultat derselben, obgleich man zuweilen ihm widersprechende Hemiëdrien gefunden zu haben glaubte.

I. Die *triklinische* Klasse.

1) Die *Holoëdrie.* *abc a'b'c'* von gleichem Werthe.

2) Die *Hemiëdrie.* *a b c* a' b' c' von ungleichem Werthe. Parallele Flächen ungleich.

Von den Krystallen dieser Klasse sind nur wenige so genau untersucht, dafs man über die Familie mit Sicherheit entscheiden könnte. Bekannt ist die Hemiëdrie

bis jetzt nur am *Axinit*, und selbst dieses nur durch seine Thermo-Elektricität. Sie findet sich aber wahrscheinlich noch bei mehreren anderen Krystallen dieser Klasse.

II. Die *monoklinische* Klasse. $\beta=\gamma=90°$.

1) Die *Holoëdrie.* abc $a'b'c'$ $a'bc$ $ab'c'$ einander gleich. Von ihren Normalen sind in

100 zwei einander gleich, auf den *Basis*flächen senkrecht,

010 001 $0bc$ zwei, auf den schiefen *Endflächen*,

$ab0$ $a0c$ abc vier, auf den *Prismen.*

2) Die *tetraëdrische Hemiëdrie.* Die zwei Paare 1) abc $ab'c'$, 2) $a'bc$ $a'bc'$ sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 010 001 $0bc$

es bleibt die Hälfte in 100 $ab0$ $a0c$ abc

3) Die *laterale Hemiëdrie.* Die zwei Paare 1) abc $a'bc$, 2) $ab'c'$ $a'b'c'$ sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 100

es bleibt die Hälfte in 010 001 $0bc$ $ab0$ $a0c$ abc.

In dieser Klasse kommt die Hemiëdrie oft vor, obgleich sie meistens am Elektrometer, selten an den Flächen beobachtet ist. Da parallele Flächen in beiden Hemiëdrien verschieden sind, so kann das Elektrometer nicht über die Art der Hemiëdrie entscheiden. Unter den thermo-elektrischen Krystallen wird auch der *Diopsid*, d. h. der durchsichtige und die Elektricität isolirende Augit angegeben. Die gewöhnlichen Augite zeigen die Thermo-Elektricität nicht, aber sie sind auch nur sehr unvollkommene Isolatoren.

III. Die *isoklinische* Klasse. $\alpha=\beta=\gamma=90°$.

1) Die *Holoëdrie.* abc $a'bc$ $ab'c$ abc' einander gleich $a'b'c'$ $ab'c'$ $a'bc'$ $a'b'c$.

Es ist 100 010 001 zweifach, *Basisflächen;*

$0bc$ $a0c$ $ab0$ vierfach, *Prismen;*

abc achtfach. *Rhomben-Octaëder.*

2) Die *einseitige Hemiëdrie.*

1) abc $ab'c$ 2) $a'b'c'$ $a'bc'$ sind verschieden.
$ab'c'$ abc' $a'bc$ $a'b'c$

Es bleibt vollzählig 010 001 $0bc$
es bleibt die Hälfte in 100 $ab0$ $a0c$ abc.

Wenn man, wie ich es in den Tabellen gethan habe, $A<B$, $B<C$ setzt, so giebt es drei Varietäten in dieser Art von Hemiëdrie, je nachdem unter den basischen Normalen entweder 100, wie ich es hier angenommen habe, oder 010 oder 001 getheilt ist, und daher als *Hauptaxe* angesehen werden kann. Man kann diese Varietäten durch 2α 2β 2γ bezeichnen. Bei allen Flächen einer Krystallgattung findet sich nach dem zweiten Principe an der Spitze dieser Abhandlung dieselbe Varietät der Hemiëdrie vor. *Topas* ist 2β, *Galmei*, *saures weinsaures Kali* u. a. m. 2γ. Ein 2α ist mir nicht bekannt.

3) Die *tetraëdrische Hemiëdrie.*

1) abc $a'bc'$ 2) $a'b'c'$ $ab'c$ sind verschieden
$ab'c'$ $a'b'c$ $a'bc$ abc'.

Parallele Flächen ungleich.

Es bleibt vollzählig 100 010 001 $0bc$ $a0c$ $ab0$
es bleibt die Hälfte von abc.

Sie kommt im *Manganit* u. a. vor. *Tetartoëdrien* sind in dieser wie in der monoklinischen und triklinischen Klasse unmöglich.

IV. Die *tetragonale* Klasse. $B=C$; $\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$.

In der Fig. 2 Taf. II sind alle in ihrer Lage gleiche Normalen auf die Ebene der Axen B und C projicirt. Die längeren Linien sind die Axen selbst, die kürzeren sind eine jede die Projection zweier Normalen, deren Gleichungen sich blofs durch das $\mp$ Zeichen von a unterscheiden. Man mufs daher, um die Formel der Normalen zu erlangen, a und a' hinzufügen.

Wenn der Charakter der Klasse, die Gleichheit der vier Quadranten $+B+C$; $+C-B$, $-B-C$ und $-C+B$ erhalten werden soll, so müssen stets wenigstens vier Normalen, nämlich

entweder $\begin{matrix} abc & ac'b \\ ab'c' & acb' \end{matrix}$; oder $\begin{matrix} abc & a'c'b \\ ab'c' & a'cb' \end{matrix}$

gleiche Werthe haben. Dieses führt auf folgende Familien:

1) Die *Holoëdrie.* Es sind einander gleich:

$abc \quad ab'c' \quad ab'c \quad abc' \quad acb \quad ac'b' \quad ac'b \quad acb'$
$a'b'c' \quad a'bc \quad a'bc' \quad a'b'c \quad a'c'b' \quad a'cb \quad a'cb' \quad a'c'b.$

Es ist 100 zweifach, *Basis;*
010 und 011 vierfach, *tetragonale Prismen;*
$0bc$ achtfach, *vier- und vierkantige Prismen;*
$ab0$ abb achtfach, *tetragonale Pyramiden;*
abc sechszehnfach, *vier- und vierkantige Pyramiden.*

2) Die *einseitige Hemiëdrie.*

$abc \quad ab'c \quad acb \quad ac'b$ sind verschieden von den übrigen $ab'c' \quad abc' \quad ac'b' \quad acb'$.

Parallele Flächen ungleich.

Es bleibt vollzählig 010 011 $0bc$
es bleibt die Hälfte von 100 $ab0$ abb abc.

3) Die *abwechselnd parallele Hemiëdrie.*

$abc \quad ab'c' \quad acb' \quad ac'b$ sind verschieden von den übrigen $a'b'c' \quad a'bc \quad a'c'b \quad a'cb'$.

Parallele Flächen sind einander gleich.

Es bleibt vollzählig 100 010 011 $a10$ $a11$
es bleibt die Hälfte von $0bc$ abc.

4) Die *abwechselnd geneigte Hemiëdrie.*

$abc \quad a'b'c \quad ac'b \quad a'cb$ sind verschieden von den übrigen $ab'c' \quad a'bc' \quad acb' \quad a'c'b$.

Parallele Flächen also ungleich.

Es bleibt vollzählig 100 010 011 $0b1$ $a10$ $a11$
es bleibt die Hälfte von abc.

5) Die *tetraëdrische Hemiëdrie.* Sie findet sich, je nach der Lage der Grundform, in zwei Varietäten:

α) $abc \quad a'b'c \quad acb \quad a'c'b$ sind verschied. von den übrigen $ab'c' \quad a'bc' \quad ac'b' \quad a'cb'$.

Parallele Flächen also ungleich.

Es bleibt vollzählig 100 010 011 $0bc$ $ab0$
es bleibt die Hälfte von abb abc.

β) *abc* *ab'c* *a'cb* *a'c'b*
ab'c' *abc'* *a'c'b'* *a'cb'*.
Parallele Flächen sind ungleich.

Es bleibt vollzählig 100 010 011 0*bc* *a*11
es bleibt die Hälfte von *abc* *abc*.

6) Die *einseitige Tetartoëdrie.*
abc *ab'c'* *ac'b* *acb'* einander gleich, von den übrigen verschieden.

7) Die *laterale Tetartoëdrie.*
abc *ab'c'* *a'c'b* *a'cb'* einander gleich von den übrigen verschieden.

Die Tetartoëdrien sind noch nicht beobachtet. Dasselbe ist der Fall bei der einseitigen Hemiëdrie. Indessen findet sich in der hexagonalen Klasse eine ihr sehr ähnliche Form. Die übrigen Familien sind sämmtlich beobachtet. Die dritte im *Schwerstein*, die vierte im *Skapolith*, die beiden Varietäten der fünften im *Kupferkies* und im *Edingtonit.*

V. Die *hexagonale* Klasse. $B=C$; $\alpha=120^\circ$; $\beta=\gamma=90^\circ$.

Bei diesem Charakter hat eine dritte Nebenaxe D, die in der Ebene der B und C liegt und 120° zu ihnen geneigt ist, eine ihnen vollkommen gleiche Lage in der gesammten Krystallreihe. Um nun auch diese in die Formel der Normalen aufzunehmen, fügt man den Coëfficienten b und c noch einen dritten d hinzu, so dafs $b+c+d=0$ ist. Eine Charakteristik wie die oben angegebene, ohne dafs $B=C=D$ wird, ist noch niemals beobachtet worden, und sollte sie es werden, so müfste man den Krystall zur isoklinischen Klasse rechnen. In der Fig. 3 Taf. II sind die Normalen auf die Ebene der BCD projicirt. Die längeren Linien sind die Nebenaxen, die kürzeren sind jede die Projection zweier Normalen, deren Formeln sich durch das $+$ Zeichen vor a unterscheiden. Es haben also 24 Normalen eine gleiche Lage zur Krystallreihe. Von diesen müssen, wenn das Prin-

cip der Klasse aufrecht erhalten werden soll, mindeste diejenigen drei Normalen einander physisch gleich sey die in dem folgenden Verzeichnisse unter einander stehen

abcd a'b'c'd' a'bcd ab'c'd' abdc a'b'd'c' a'bdc ab'd'c
acdb a'c'd'b' a'cdb ac'd'b' adcb a'd'c'b' a'dcb ad'c'b
adbc a'd'b'c' a'dbc ad'b'c' acbd a'c'b'd' a'cbd ac'b'd

Ich werde, um Raum zu ersparen, statt der dr Formeln, aus welchen eine jede dieser acht kleinen Gru pen besteht, nur die erste anführen.

1) Die *Holoëdrie*, alle acht Gruppen einander gleic Es ist 1000 zweifach, *Basisflächen;*

0011' 02'11 sechsfach, *hexagonale Prismen;*
0*bcd* zwölffach, *sechs- und sechskantige Prisme*
*a*011' *a*2'11 zwölffach, *hexagonale Pyramiden*
abcd vierundzwanzigfach, *sechs- und sechska tige Pyramiden.*

2) Die *einseitige Hemiëdrie.*

1) *abcd ab'c'd' abdc ab'd'c'* 2) *a'b'c'd' a'bcd a'b'd'c' a'b*
sind von einander verschieden. Parallele Normalen al ungleich.

Es bleiben vollzählig 0011' 02'11 0*bcd*
es bleibt die Hälfte von 1000 *a*011' *a*2'11 *abcd*

3) Die *geneigt abwechselnde Hemiëdrie.*

1) *abcd ab'c'd' a'bdc a'b'd'c'* 2) *a'b'c'd' a'bcd ab'd'c' ab*
sind einander ungleich. Also parallele Normalen ve schieden.

Es bleibt vollzählig
1000 0011' 02'11 0*bcd a*011' *a*2'1
es bleibt die Hälfte von *abcd.*

4) Die *parallel abwechselnde Hemiëdrie.*

1) *abcd a'b'c'd' a'bcd ab'c'd'* 2) *abdc a'b'd'c' a'bdc ab'd*
sind einander ungleich. Also parallele Normalen eina der gleich.

Es bleibt vollzählig
1000 0011' 02'11 *a*011' *a*2'1
es bleibt die Hälfte von 0*bcd abcd.*

5) Die *laterale Hemiëdrie.* Sie ist je nach der Lage der Grundform in zwei Varietäten möglich.
α. 1) $abcd\ a'bcd\ abdc\ a'bdc$ 2) $a'b'c'd'\ ab'c'd'\ a'b'dc'\ ab'd'c'$
sind einander ungleich. Also parallele Normalen verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000 0011′ a011′
es bleibt die Hälfte von 02′11 0bcd a2′11 $abcd$
β. 1) $abcd\ a'bcd\ ab'd'c'\ a'b'd'c'$ 2) $a'b'c'd'\ ab'c'd'\ a'bdc\ abdc$
sind ungleich, Also parallele Normalen verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000 02′11 a2′11
es bleibt die Hälfte von 0011′ 0bcd a011′ $abcd$.

6) Die *rhomboëdrische Hemiëdrie.* Sie ist je nach der Lage der Grundform in zwei Varietäten möglich.
α. 1) $abcd\ a'b'c'd'\ a'bdc\ ab'd'c'$ 2) $a'bcd\ ab'c'd'\ a'b'd'c'\ a'b'd'c'$
sind ungleich.

Es bleibt vollzählig 1000 0011′ 02′11 a2′11
es bleibt die Hälfte von a011′ $abcd$
β. 1) $abcd\ a'b'c'd'\ abdc\ a'b'd'c'$ 2) $a'bcd\ ab'c'd'\ a'bdc\ ab'd'c'$
sind ungleich.

7) Die *symmetrisch-einseitige Tetartoëdrie.*

1) $abcd$ 2) $a'bcd$ 3) $abdc$ 4) $a'bdc$
$ab'c'd'$ $a'b'c'd'$ $ab'd'c'$ $a'b'd'c'$

sind von einander verschieden.

Es bleibt vollzählig 0011′ 02′11
es bleibt die Hälfte in 1000 0bcd a011′ a2′11
es bleibt das Viertheil in $abcd$.

8) Die *abwechselnd einseitige Tetartoëdrie.* Sie ist je nach der Lage der Grundform in zwei Varietäten möglich:

α. 1) $abcd$ 2) $a'bcd$ 3) $ab'c'd'$ 4) $a'b'c'd'$
$abdc$ $a'bdc$ $ab'd'c'$ $a'b'd'c'$.

Es bleibt vollzählig 0011′
es bleibt die Hälfte in 1000 02′11 0bcd a011′
es bleibt das Viertheil in a2′11 $abcd$

β. 1) $abcd$ 2) $a'bcd$ 3) $ab'c'd'$ 4) $a'b'c'd'$
$ab'd'c'$ $a'b'd'c'$ $abdc$ $a'bdc$

Es bleibt vollzählig 02'11
es bleibt die Hälfte in 1000 0011' 0*bcd a*2'11
es bleibt das Viertheil *a*011 *abcd*

9) Die *parallele Tetartoëdrie.*

1) *abcd* 2) *a'bcd* 3) *abdc* 4) *a'bdc*
a'b'c'd' *ab'c'd'* *a'b'd'c'* *ab'd'c'*

sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000 0011' 02'11
es bleibt die Hälfte in 0*bcd a*011' *a*2'11
es bleibt das Viertheil in *abcd.*

10) Die *pyramidale Tetartoëdrie.*

1) *abcd* 2) *a'b'c'd'* 3) *abdc* 4) *a'b'd'c'*
a'bcd *ab'c'd'* *a'bdc* *ab'd'c'*

sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000
es bleibt die Hälfte 0011' 02'11 *a*011' 02'11
es bleibt das Viertheil 0*bcd abcd.*

11) Die *gewendet pyramidale Tetartoëdrie.* Sie ist in zwei Varietäten möglich:

α. 1) *abcd* 2) *a'bcd* 3) *ab'c'd'* 4) *a'b'c'd'*
a'bdc *abcd* *a'bcd* *ab'c'd'*

sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000 0011'
es bleibt die Hälfte in 02'11 0*bcd a*011' *a*2'11
es bleibt das Viertheil in *abcd*

β. 1) *abcd* 2) *a'bcd* 3) *ab'c'd'* 4) *a'b'c'd'*
a'b'd'c' *ab'd'c'* *a'bdc* *abdc*

sind verschieden.

Es bleibt vollzählig 1000 02'11
es bleibt die Hälfte in 0011' 0*bcd a*011' *a*2'11
es bleibt das Viertheil in *abcd*

12) Das *Achttheil* abcd verschieden von den übrigen sieben Gruppen.

Von diesen 12 Familien werden nur diejenigen häufig beobachtet, welche sich auf das Rhomboëder zurückführen lassen, selbst die erste, die holoëdrische Familie,

kommt in der Tabelle nur bei *vier* Gattungen vor. Von den *Hemiëdrien* wird die vierte an dem *Apatit* und den ihm isomorphen Krystallen beobachtet, und die dritte ist die Form, die man gewöhnlich, aber mit Unrecht, dem *Quarze* zuschreibt. Von den übrigen Hemiëdrien kommt nur noch die sechste, die rhomboëdrische, vor, aber diese dafür an vielen und an Arten reichen Gattungen. Von den *tetartoëdrischen* Krystallen gehört der *Turmalin* zur achten Familie, der *Dioptas* zur neunten und der *Quarz* zur eilften Familie. Das *Achttheil* kommt nicht vor.

Die *rhomboëdrischen* Krystalle können vom rein formellen Gesichtspunkte aus allerdings zur hexagonalen Klasse gerechnet werden, und einige von ihnen scheinen auch, ihren Durchgängen und ihrer Ausbildung nach, zu dieser Klasse zu gehören. Aber der Kalkspath und die übrigen Krystalle mit rhomboëdrischer Grundform können auch ganz unabhängig von einer hexagonalen Form aufgefafst werden, und nach ihren physischen Eigenschaften ist diese Ansicht auch richtiger. Fassen wir sie nun als eine besondere Abtheilung auf, so haben wir folgende Charakteristik:

Rhomboëdrische Krystalle, $A = B = C$, $\alpha = \beta = \gamma$.

1) Die *Holoëdrie*. $abc \quad a'b'c' \quad acb \quad a'c'b'$
$bca \quad b'c'a' \quad cba \quad c'b'a'$
$cab \quad c'a'b' \quad bac \quad b'a'c'$

sind einander gleich. Es ist:

100 011 a11 sechsfach, *Rhomboëder;*

01 1' 2'11 sechsfach, *hexagonale Prismen;*

111 zweifach, *Basisflächen;*

$2'(1-a)(1+a)$ *sechs-und-sechskantige Prismen;*

$1(1-a)(1+a)$ hexagonale Pyramide;

abc *drei-und-drei-Kantner* (Skalenoëder);

2) Die *einseitige Hemiëdrie.*

1) $abc \quad bca \quad cab$ 2) $a'b'c' \quad b'c'a' \quad c'a'b'$
$acb \quad cba \quad bac \qquad a'c'b' \quad c'b'a' \quad b'a'c'$,

sind von einander verschieden.

Es bleibt vollzählig 011'
es bleibt die Hälfte in 111 100 011 *a*11 *abc*.

3) Die *parallele Hemiëdrie.*

1) *abc bca cab* 2) *acb cba bac*
a'b'c' b'c'a' c'a'b' *a'c'b'.c'b'a' b'a'*

sind von einander verschieden.

Es bleibt vollzählig 100 011 011' 111 *a*11
es bleibt die Hälfte in *abc*

4) Die *pyramidale Hemiëdrie.*

1) *abc bca cab* 2) *a'b'c' b'c'a' c'a'*
a'c'b' c'b'a' b'a'c' *acb cba ba*

sind von einander verschieden.

Es bleibt vollzählig 100 011 111 *a*11
es bleibt die Hälfte in 011' *abc*

5) Die *Tetartoëdrie. abc bca cba*, die übrig Normalen ungleich.

Mit Ausnahme der Tetartoëdrie kommen diese Unterabtheilungen sämmtlich vor, die erste im *Kalkspat* die zweite im *Turmalin*, die dritte im *Dioptas*, die vier im *Quarz* [1]), so dafs die Tetartoëdrien dieser Klas welche bis jetzt beobachtet sind, sämmtlich als Hemiëdrien des rhomboëdrischen Systems angesehen werd können.

VI. Das *tesserale* System, $A=B=C$; $\alpha=\beta=\gamma=90$

Es haben 48 Normalen eine vollkommen gleiche relative Lage. Man kann sie in folgende vier Grupp theilen:

1) *abc bca cab* 2) *a'b'c' b'c'a' c'a'*
ab'c' bc'a' ca'b' *a'bc b'ca c'a*
a'bc' b'ca' c'ab' *ab'c bc'a ca'*
a'b'c b'c'a c'a'b *abc' bca' cab*

1) Ich habe die Gründe, welche mich bewogen haben, den Quarz Tetartoëdrie oder als Hemiëdrie in der rhomboëdrischen Ordnu aufzufassen, in *meinem* Systeme der Krystalle angegeben. Entsch dend sind dafür die Beobachtungen Savart's an den Klangfigur von Quarzplatten.

3) acb	cba	bac	4) $a'c'b'$	$c'b'a'$	$b'a'c'$
$ac'b'$	$cb'a'$	$ba'c'$	$a'cb$	$c'ba$	$b'ac$
$a'cb'$	$c'ba'$	$b'ac'$	$ac'b$	$cb'a$	$ba'c$
$a'c'b$	$c'b'a$	$b'a'c$	acb'	cba'	bac'.

Ich werde, um Raum zu ersparen, eine jede dieser Gruppen durch diejenige Normale bezeichnen, die in ihnen zuerst gestellt ist. Man findet, dafs, wenn die Gleichheit der drei auf einander perpendiculären Axen erhalten werden soll, die Normalen *einer* dieser Gruppen stets einen gleichen Werth haben müssen. Dieses führt auf die folgenden Unterabtheilungen:

1) Die *Holoëdrie.*

Alle 4 Gruppen abc $a'b'c'$ acb $a'c'b'$.

Es ist 100 sechsfach, *Würfel;*
111 achtfach, *reguläres Octaëder;*
011 zwölffach, *Granatoëder;*
$cb0$ vierundzwanzigfach, Pyramiden-Würfel;
abb ($a>1$) vierundzwanzigfach, *Leucitoëder;*
abb ($a>1$) - - - - *Pyramiden-Octaëder;*
abc achtundvierzigfach, *Sechs-mal-acht-Flächner.*

2) Die *pyritoëdrische Hemiëdrie.*

1) abc $a'b'c'$ verschieden von 2) acb $ac'b'$.
Es bleibt vollzählig 100 011 111 abb
es bleibt die Hälfte in $ab0$ abc.

3) Die *tetraëdrische Hemiëdrie.*

1) abc acb verschieden von 2) $a'b'c'$ $a'c'b'$.
Es bleibt vollzählig 100 011 $ab0$
es bleibt die Hälfte in 111 abb abc

4) Die *abwechselnde Hemiëdrie.*

1) abc $a'c'b'$ verschieden von 2) $a'b'c'$ acb
Es bleibt vollzählig 100 011 111 $ab0$ abb
es bleibt die Hälfte in abc

5) Die *Tetartoëdrie.* Die vier Gruppen von einander verschieden.

Es bleibt vollzählig 100 011

es

es bleibt die Hälfte **111** *ab*0 *abb*
es bleibt das Viertheil *abc*.

Die *pyritoëdrische* und die *tetraëdrische* Hemiëdrie kommt, wie bekannt, in mehren Krystallarten vor. Die abwechselnde Hemiëdrie ist noch nicht beobachtet. Auch ist sie, selbst wo sie vorkommt, schwer zu finden, weil man sie blofs an den selten vorkommenden und niemals vollständig ausgebildeten Sechs-mal-acht-Flächnern erkennen kann. Da indessen die parallelen Flächen sehr ungleiche Werthe haben, so ist sie thermo-elektrisch, und alle thermo-elektrischen Krystalle der tesseralen Klasse, die nicht tetraëdrisch sind, gehören also zur *abwechselnd hemiëdrischen* Abtheilung. Dieses scheint bei mehreren Krystallen, namentlich aus der Ordnung, der der Granat angehört, der Fall zu seyn.

Die *Tetartoëdrie* ist nicht beobachtet. Sie ist es auch nicht in der tetragonalen Klasse, wo ihrer zwei sind, und die in der hexagonalen Klasse beobachteten Tetartoëder können sämmtlich auch als Hemiëdrien der rhomboëdrischen Abtheilung angesehen werden; die übrigen der Form nach möglichen Tetartoëdrien kommen nicht vor. Das Rhomboëder kann zwar formell als die Hälfte der hexagonalen Pyramide betrachtet werden, hat aber physisch alle Charaktere einer ursprünglichen Grundform, so gut wie der Würfel und die Parallelepipede der übrigen Systeme. Man hat also bis jetzt in dem ganzen Gebiete der Krystallkunde *nicht eine einzige wahre Tetartoëdrie* entdeckt, und es ist die Frage, ob die Polarität, welche in der physischen Ungleichheit von räumlich gleichen Dimensionen besteht, sich überhaupt auf eine andere Weise zeigen kann als durch Theilung der symmetrischen Flächen in zwei Gruppen.

Wenn man in dem Verzeichnifs der chemischen Formeln, die ich in meinem System der Krystalle gegeben

habe, die hemiëdrischen Gestalten aufsucht, so findet man einen gewissen Zusammenhang zwischen den Bestandtheilen und der Hemiëdrie; während bei einigen Körpern hemiëdrische Formen selten oder niemals vorkommen, sind sie bei andern sehr häufig, so dafs die Hemiëdrie gewissen Stoffen anzuhaften scheint, und ihnen in sehr verschiedenen Verbindungen durch alle Klassen von Krystallen folgt. Ein solcher Stoff ist die *Boraxsäure*. Sie kommt in der Tabelle in *acht* Gattungen vor. Davon sind *fünf* sämmtlich in der Natur vorkommende und von den Mineralogen genau untersuchte Krystalle hemiëdrisch:

Der *Boracit* und *Rhodicit* (tesser.). Der *Borax* (monokl.)
- *Turmalin* (monokl.). Der *Datolith* (monokl.)
- *Axinit* (trikl.).

Die drei boraxsauren Krystalle, an denen die Hemiëdrie nicht beobachtet ist, sind:

Das *boraxsaure Natron* (tesser.).
- *boraxsaure Ammoniak* (tetrag.).
Die *Boraxsäure* (trikl.).

Die beiden ersteren sind nur sehr unvollständig bekannt, und bei der triklinisch-krystallisirenden Säure ist die Hemiëdrie noch nicht aufgesucht worden. Sie sind daher vielleicht ebenfalls hemiëdrisch.

Diese Eigenschaft, hemiëdrische Formen anzunehmen, findet sich auch wahrscheinlich bei der *Chlor*- und der *Bromsäure* und einigen Säuren der Metalle. Von den aus organischen Körpern gebildeten und ihren Formen nach bekannten Säuren zeigt keine die Neigung zu hemiëdrischen Formen so entschieden wie die *Weinsäure*. Fast alle ihre Verbindungen mit Wasser oder Basen sind hemiëdrisch und vielleicht sind es auch die, welche ich, weil es an genügenden Beobachtungen fehlte, nicht als hemiëdrisch aufführen konnte. Von den übrigen organischen Säuren ist bei einigen die Hemiëdrie überwiegend, bei einigen anderen nicht. Indessen ist bei ihnen

und ihren Verbindungen die Neigung zu hemiëdrischen Formen im Ganzen gröfser als bei den Körpern anorganischen Ursprungs.

Wie zu erwarten war, ist diese Eigenschaft nicht auf die Säuren beschränkt, sondern findet sich ebenfalls bei einigen gewöhnlich elektro-positiv auftretenden Körpern, z. B. dem *Zink*. Von den bisher bekannten *Zink*-Verbindungen sind zwar einige wahrscheinlich holoëdrisch. Aber die Mehrzahl der beobachteten Krystalle gehört hemiëdrischen Gattungen an, nämlich:

$\overset{\prime}{Zn}$ (tesser.) — $\overset{\prime}{Zn}^4 (\overset{\prime\prime\prime}{A}_5 ; \overset{\prime\prime\prime}{Sb})$ (tesser.)

$\dot{Zn}(\dddot{S} ; \dddot{Se})\bar{H}^6$ (monokl.) — $\dot{Zn} (\dddot{S} ; \dddot{Se})\dot{\bar{H}}^7$ (isokl.)

$\dot{Zn}^3 \dddot{Si}$ (hexagon.) — $\dot{Zn}^6 \dot{\bar{H}}^3 \dddot{Si}^2$? (isokl.)

In den meisten dieser Krystalle sind dem Zink andere Metalle, Magnesium, Eisen, Kupfer, isomorph. Sie sind also ebenfalls hemiëdrisch. Da ihre übrigen Verbindungen aber in der Regel holoëdrisch sind, so können sie wahrscheinlich zwei Zustände annehmen, einen, den man holoëdrisch nennen könnte, und einen hemiëdrischen. Je nach den Umständen, unter denen die krystallisirten Verbindungen entstehen, werden die Krystallformen bald holoëdrisch, bald hemiëdrisch. Bei dem *Zink* überwiegt der hemiëdrische Zustand, bei dem *Kali* und dem *Kalk* der holoëdrische; bei dem *Kupfer* halten sich beide in den bis jetzt bekannten Formen nahe das Gleichgewicht.

Die Neigung, hemiëdrische Formen anzunehmen, die einen Körper durch alle seine Verbindungen und alle krystallographischen Klassen hin verfolgt, hat also eine tiefer liegende, an die Natur der Körper enger gebundene Ursache, als die Klasse oder Ordnung, die vielleicht mehr von der *Verbindungsweise* als von dem Charakter der sich verbindenden Körper abhängt. Es knüpfen sich hieran eine Menge Fragen, z. B. über die Form ei-

ner Verbindung, in welche zwei hemiëdrische Körper eingehen u. s. w., zu deren Beantwortung es aber bis jetzt noch an Mitteln fehlt. Die Frage über die Bedingungen, unter denen ein Stoff holoëdrisch und hemiëdrisch krystallisirt, möchte in diesem Gebiete die erste seyn, welche eine allgemeine Lösung finden wird.

Die Hemiëdrie, in Verbindung mit der Thermo-Elektricität findet sich am Quarze noch mit einer anderen Eigenschaft vereinigt, nämlich der *circularen Polarisation*. Man beobachtet sie bekanntlich in Lichtstrahlen, welche durch den Quarz der Hauptaxe desselben nahe parallel gehen, und sie besteht in einer Ablenkung der Polarisationsaxe des Lichts um einen Winkel, der bei allen Varietäten des Quarzes an Gröfse gleich und der Länge der im Krystall vom Lichte zurückgelegten Räume direct proportional ist. Nun nimmt der Quarz bekanntlich zwei Formen an, die in demselben Verhältnisse gegen einander stehen, wie zwei Gegenkörper in der Geometrie, z. B. zwei einander diametral entgegengesetzte sphärische Dreiecke oder Kugelsegmente. Man hat nun beobachtet, dafs die Richtungen, nach welchen die Polarisationsaxe abgelenkt wird, in den beiden Klassen einander entgegengesetzt sind. Bei dem Quarze ist also jene optische Erscheinung mit der krystallographischen eng verbunden.

Diese Ablenkung der Polarisationsaxe ist zwar bis jetzt unter den Krystallen blofs am Quarze beobachtet, aber sie findet sich unstreitig auch bei andern hemiëdrischen Krystallen. Schon am Quarze nimmt man sie nur an Tafeln wahr, die fast perpendicular auf der Hauptaxe stehen und vom Lichte beinahe senkrecht durchschnitten werden, also unter Umständen, wo die eigentliche doppelte Brechung unmerklich ist. In jeder andern Richtung wird die schwache circulare Polarisation von der regelmäfsigen Doppelbrechung fast ganz verdeckt. In den zweiaxigen Krystallen ist zur Ueberwindung dieser Schwierigkeit eine noch gröfsere Sorgfalt als am Quarze

nöthig, und ich glaube es hat bis jetzt noch kein Physiker solche Beobachtungen versucht. Auch auf theoretischem Wege ist es nicht möglich etwas über den Gang des Lichts in den Krystallen zu bestimmen; denn mit Ausnahme von zwei oder drei aus den Beobachtungen unmittelbar abstrahirten Gesetzen, die keine weitere Abwendung zulassen, sind wir über den Einfluſs der Krystallform auf den Gang eines polarisirten Strahles völlig im Dunkeln. Wir können nicht einmal mit Sicherheit behaupten, daſs alle tesseralen Krystalle, auch die tetraëdrischen, indifferent gegen das Licht seyn müssen, und es bleibt noch zu untersuchen übrig, ob die optischen Anomalien, die man am Diamant beobachtet hat, sich nicht auf eine circulare Polarisation zurückführen lieſsen. Auf jeden Fall ist es sehr wahrscheinlich, daſs in den hemiëdrischen Krystallen der übrigen Klassen, wenigstens in denen wo parallele Flächen ungleiche Eigenschaften erlangen, die gewöhnliche Doppelbrechung mit einer Ablenkung der Polarisationsaxe verbunden ist, die in den tetragonalen und hexagonalen Krystallen *circular*, in den drei klinischen Klassen dagegen *elliptisch* [1]) ist. Die Anomalien, die sich in dem optischen Verhalten der Weinsäure finden, rühren sehr wahrscheinlich von dieser elliptischen Polarisation her.

Die Ablenkung der Polarisationsaxe, die an den Krystallen, wo man sie erwarten durfte, noch nicht beobachtet ist, findet sich dagegen bei *denselben Körpern* unter Umständen, wo sie ganz unerklärt ist, nämlich in den Auflösungen. Die hemiëdrischen und thermo-elektrischen Krystalle des Zuckers, der Citronensäure und

1) *Elliptisch* und nicht circular, weil sich die Wirkung des Krystalls auf die Polarisationsaxe mit der Lage derselben ändert, also die Totalwirkung, die man an dem wieder aus dem Krystall getretenen Lichtstrahle beobachtet, der Dicke nicht proportional ist. Bei dem Quarz ist die Wirkung des Krystalls auf die Polarisationsaxe unabhängig von dem Azimuth, also für Strahlen, die den Krystallaxen parallel sind, constant.

mehrer anderer Körper organischen Ursprungs lenken, wenn sie in Wasser oder einer anderen, nicht chemisch einwirkenden Flüssigkeit aufgelöst sind, den Lichtstrahl ganz nach denselben Gesetzen ab, wie der Quarz, nur mit dem Unterschiede, dafs bei diesem die Ablenkung, je nach der Varietät, bald rechts bald links ist, bei den Auflösungen aber für denselben Körper immer rechts oder immer links. Die Lösungen der hemiëdrischen *boraxsauren Salze* sind zwar, so viel ich weifs, in dieser Beziehung noch nicht untersucht; aber genau untersucht, und zwar sowohl am Elektrometer als an dem Polarisationsapparate für Flüssigkeiten, sind die Verbindungen von $C^4 H^2 O^5$ mit Wasser und anderen Basen. Und hier findet sich folgende höchst merkwürdige Erscheinung, welche die innige Verbindung der Hemiëdrie des Krystalls und der circularen Polarisation seiner Auflösung fast aufser Zweifel setzt. Während nämlich bei der *Weinsäure* sowohl die Thermo-Elektricität als die circulare Polarisation so kräftig sind wie nur bei sehr wenigen Körpern, zeigt die ganz gleich zusammengesetzte *Traubensäure*, die sich also von der Weinsäure nur durch isomeren Zustand unterscheidet und dieselbe Sättigungscapacität besitzt, weder in den Krystallen eine Spur von Thermo-Elektricität, noch in den Lösungen eine Spur von circularer Polarisation.

Die Richtigkeit dieser Thatsachen und die Resultate, die wir daraus gezogen haben, vorausgesetzt, entsprechen einander folgende *vier Erscheinungen:*

1) Ungleichheit paralleler Flächen bei dem Krystall,
2) Thermo-Elektricität bei dem Krystall,
3) die circulare oder elliptische Polarisation des Körpers als Krystall,
4) die circulare Polarisation desselben Körpers in dem flüssigen Zustande.

Eine circulare Polarisation in den Dämpfen ist noch nicht durch hinlängliche Beobachtungen erwiesen.

VIII. *Beiträge zur Kenntnifs der unterschwefligsauren Salze;* *von C. Rammelsberg.*

Als vor einiger Zeit Langlois die Isolirung der unterschwefligen Säure angekündigt hatte [1]), versuchte ich dieselbe auf die von Jenem angegebene Art, durch Zersetzung des Kalisalzes mittelst Ueberchlorsäure, jedoch ohne Erfolg. Später fand Langlois indessen, dafs die von ihm dargestellte Säure nicht die Zusammensetzung der unterschwefligen Säure besitzt, sondern aus 3 At. Schwefel und 5 At. Sauerstoff bestehend, eine neue Oxydationsstufe des Schwefels darstellt, die er *geschwefelte Unterschwefelsäure* nennt [2]).

Jene früheren Versuche gaben Veranlassung die Eigenschaften der unterschwefligsauren Salze durch einige Versuche festzustellen, welche sich den älteren Arbeiten von Gay-Lussac und Herschel anreihen, und sie zu ergänzen bestimmt sind. Hierbei war es insbesondere von Interesse, den Wassergehalt dieser Salze so wie die Producte kennen zu lernen, welche sie beim Erhitzen in abgeschlossenen Räumen liefern. Schon Herschel beobachtete, dafs sich hierbei in manchen Fällen Schwefel und ein schwefelsaures Salz, in anderen ein Schwefelmetall neben freier schwefliger Säure bilde. Was er aber nicht erwähnt, ist die Bildung einer gewissen Menge Schwefelsäure, welche wohl in allen Fällen stattfindet. Das Auftreten schwefligsaurer Salze unter diesen Zersetzungsproducten scheint nicht recht beachtet worden zu seyn;

1) *Compt. rend. X, p.* 461; auch in diesen Annalen, Bd. L S. 312.

2) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XL S. 102.

wenigstens wird seiner in den Lehrbüchern nicht gedacht, und doch ist es ganz unzweifelhaft, wenigstens bei den unterschwefligsauren Erdsalzen, wie ich mich vielfach überzeugt habe.

Aufser den alkalischen und erdigen Salzen lassen sich nur wenige einfache unterschwefligsaure Salze darstellen, da die Neigung, sich zu zersetzen, besonders bei den metallischen Verbindungen sehr grofs ist. Viel beständiger zeigen sich indessen die Doppelsalze, welche ein Metalloxyd und ein Alkali enthalten, und von denen ich einige zuvor nicht bekannte anzuführen habe, was in gleichem Grade von den Verbindungen unterschwefligsaurer Salze mit Ammoniak gilt.

Unterschwefligsaures Kali.

Seine Darstellung und sein Verhalten zu Säuren sind bekannt. Da es sehr zerfliefslich ist, so ist die Bestimmung seines Krystallwassergehalts mit Schwierigkeiten verbunden, um so mehr, als es dasselbe beim längeren Stehen über Schwefelsäure zum Theil zu verlieren scheint.

I. 1,55 Grm., welche 24 Stunden über Schwefelsäure aufbewahrt worden, verloren beim Erhitzen bis 200° 0,048; darüber hinaus änderte sich ihr Gewicht nicht merklich. Das Salz wurde nun aufgelöst, und die unterschweflige Säure nach der von H. Rose eingeführten Methode mittelst salpetersauren Silberoxyds bestimmt. Das Schwefelsilber betrug 0,431, entsprechend 0,2540 Schwefel, und der schwefelsaure Baryt 1,872 =0,2582 Schwefel, also fast genau gleichviel, wie es seyn mufs. Die Gesammtmenge des Schwefels war mithin =0,5122 =0,767 unterschwefliger Säure. Nach Abscheidung des überschüssigen Silbers und Baryts wurden durch Verdampfen u. s. w. 1,347 schwefelsaures Kali =0,72828 Kali erhalten.

II. 4,84 Grm. verloren bei 200° 0,159. Der Rest wurde geglüht, und sodann mit Schwefelsäure behandelt,

wodurch sich 4,302 schwefelsaures Kali = 2,32596 Kali ergaben.

III. 2,327 Grm., welche über Schwefelsäure getrocknet worden, verloren über der Säure im Vacuo 0,084, und dann bis 200° noch 0,01.

IV. 2,693 Grm., gleichfalls über Schwefelsäure getrocknet, lieferten bei unmittelbarer Zersetzung durch Schwefelsäure 2,396 schwefelsaures Kali = 1,29544 Kali.

V. 1,927 Grm., ebenfalls getrocknet, verloren beim Erhitzen über der Lampe, so stark es ohne Zersetzung des Salzes möglich war, 0,067.

Nach diesen Versuchen enthält das Salz:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kali	46,98	48,06		48,10	
Unterschweflige S.	49,48				
Wasser	3,10	3,29	4,04		3,48
	99,56.				

Es ist aufser Zweifel, dafs das Wasser nicht hygroscopisches, sondern Krystallwasser ist; allein es macht bei weitem nicht 1 At. aus, wozu 8,62 Proc. erforderlich seyn würden. Dagegen folgt aus den Analysen das sonst ungewöhnliche Verhältnifs von 3 At. Salz und 1 At. Wasser. In der That ist die nach $3\dot{K}\ddot{S}+\dot{H}$ berechnete Zusammensetzung:

Kali	47,97
Unterschweflige Säure	48,88
Wasser	3,05
	100.

Beim Erhitzen liefert das wasserfreie Salz einen zinnoberrothen Rückstand, welcher nur aus Schwefelkalium und schwefelsaurem Kali besteht. Schwefligsaures Kali bildet sich dabei nicht; denn nach der Abscheidung des Schwefelkaliums mittelst Alkohol entwickeln Säuren aus dem Rückstande keine schweflige Säure. Auch entwik-

kelt sich keine schweflige Säure, wohl aber sublimirt etwas Schwefel. Diefs letztere ist aber nur zufällig; denn bei Anwendung eines vollständig entwässerten Salzes bemerkt man fast keinen Gewichtsverlust nach dem Glühen. (In einem Versuche erhielt ich 99,29 Proc. Rückstand).

Unterschwefligsaures Natron.

Nach der Angabe von Herschel ist es zerfliefslich, was ich indefs nicht bestätigen kann. Die Krystalle sind allem Anschein nach 2-und-1-gliedrig; es sind rhombische Säulen mit Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten und einer auf die stumpfe anscheinend gerade aufgesetzten schiefen Endfläche.

Aus 1,845 Grm. wurden durch Abdampfen mit Schwefelsäure 1,051 schwefelsaures Natron =0,46053 Natron erhalten, welche 24,96 Proc. des Salzes ausmachen. Es enthält folglich 5 At. Krystallwasser; denn die berechnete Zusammensetzung für $\dot{N}a\ddot{S}+5\dot{H}$ ist:

Natron	25,13
Unterschweflige Säure	38,72
Wasser	36,15
	100.

Das durch vorsichtiges Erhitzen ausgetriebene Wasser betrug von 2,438 Grm. 0,877 oder 35,97 Proc., also mit der Rechnung gut übereinstimmend.

In der Wärme schmilzt es in seinem Krystallwasser, und bleibt dann auch bei gewöhnlicher Temperatur noch lange flüssig, wobei man zuweilen einen Theil in Krystallen angeschossen findet. Später wird es wieder fest und zersetzt sich in stärkerer Hitze, indem Schwefel entweicht und ein braunrothes Gemenge von Schwefelnatrium und schwefelsaurem Natron zurückbleibt.

Unterschwefligsaures Ammoniak.

Seine Auflösung gab beim Stehen über Schwefelsäure dünne rhombische Blättchen, welche an der Luft schnell

zerfliefsen. Sie enthalten Wasser, verwittern jedoch über Schwefelsäure nicht.

1,418 Grm. wurden aufgelöst und mit salpetersaurem Silberoxyd zerlegt. Das Schwefelsilber betrug, scharf getrocknet, 2,275, entsprechend 0,882494 unterschwefliger Säure. Zur Controlle wurde die entstandene Schwefelsäure mittelst salpetersaurem Baryt gefällt, wodurch 2,212 schwefelsaurer Baryt erhalten wurden, die 0,45688 unterschwefliger Säure entsprechen, was auch ziemlich genau die Hälfte der ersten Menge ausmacht. Legt man nun die aus dem Schwefelsilber erhaltene Zahl zum Grunde, berechnet daraus die Quantität des Ammoniumoxyds und betrachtet das Fehlende als Wasser, so hat man:

Unterschweflige Säure	62,23
Ammoniumoxyd	33,77
Wasser	4,00
	100.

Da der Sauerstoff des Wassers $\frac{1}{3}$ von dem des Ammoniumoxyds beträgt, so ist 1 At. Wasser mit 3 At. des Salzes verbunden, und sollte, dem Ausdruck $3\dot{N}H^4\ddot{S}+\dot{H}$ gemäfs, enthalten:

Unterschweflige Säure	62,30
Ammoniumoxyd	33,82
Wasser	3,88
	100.

Wie man bemerkt, hat das Ammoniaksalz genau die Zusammensetzung des Kalisalzes mit dem nämlichen anomalen Wassergehalt.

Beim Erhitzen in einem Destillationsapparate gab es Wasser und Ammoniak. Es sublimirte vollständig zu einer Masse, welche aus Schwefel, viel unterschwefligsaurem, schwefligsaurem und einer kleinen Menge schwefelsaurem Ammoniak bestand.

Unterschwefligsaure Baryterde.

Die Zusammensetzung dieses Salzes und sein Verhalten in höherer Temperatur ist schon vor längerer Zeit von H. Rose untersucht worden [1]). Derselbe fand, dafs es 1 At. Krystallwasser =6,73 Proc. enthält, und, beim Ausschlufs der Luft erhitzt, etwas Schwefelwasserstoffgas, Wasser, freien Schwefel entwickelt, und ein Gemenge von schwefelsaurem Baryt und Schwefelbaryum zurückläfst, deren relative Mengen sich jedoch nach der Leitung des Erhitzens sehr veränderlich zeigten.

Ich habe diesen Versuchen nur noch das Verhalten des *wasserfreien* Salzes in höherer Temperatur hinzuzufügen, zu welchem Zweck 1,792 Grm., die zuvor über Schwefelsäure von anhängender Feuchtigkeit befreit worden, allmälig erwärmt wurden. Unterhalb 100° veränderten sie ihr Gewicht nur unbedeutend, bis 170° dagegen verloren sie 0,11 =6,14 Proc. Sie wurden nun in einem kleinen Apparate mit Gasleitungsröhre über der Lampe allmälig erhitzt, wobei sich noch eine geringe Menge Wasser zeigte, wie diefs auch nach der vorher erhaltenen Menge, die um 0,6 Proc. zu gering war, seyn mufste. Später sublimirte ziemlich viel Schwefel, aber weder schweflige Säure noch Schwefelwasserstoff waren zu bemerken. Der schwach gesinterte Rückstand hatte eine gelblichweifse Farbe. Nachdem das Erhitzen bis zum Rothglühen der Masse gesteigert worden, wurde es unterbrochen, und der Apparat sammt dem in dem kälteren Theile condensirten Schwefel gewogen. Er hatte nur 0,012 verloren, wovon, der Rechnung nach, 0,0108 auf das in dem Salze noch zurückgehaltene Wasser kommen, so dafs in der That das Gewicht der Producte genau gleich dem des Salzes war.

Der hierbei erhaltene Rückstand bestand aber nicht allein aus schwefelsaurem Baryt und Schwefelbaryum, sondern er enthielt auch eine nicht unbedeutende Menge

1) Diese Annalen, Bd. XXI S. 437.

schwefligsauren Baryts. Denn nachdem er zur Entfernung des Schwefelbaryums mit Wasser wiederholt ausgekocht worden, entwickelte er auf Zusatz von Säuren eine reichliche Menge schwefliger Säure. Nun könnte allerdings hierbei die Vermuthung entstehen, dafs diese Entwicklung von schwefliger Säure von einem Antheil unterschwefligsauren Baryts, welcher der Zersetzung entgangen wäre, und wegen seiner Schwerlöslichkeit sich durch Wasser nicht von dem schwefelsauren Baryt trennen läfst, herrührte; allein die Temperatur war gewifs so hoch, dafs diefs nicht der Fall seyn konnte; auch liefs sich nicht eine gleichzeitige Abscheidung von Schwefel wahrnehmen. Den besten Beweis für die Bildung schwefligsaurer Salze beim Glühen von unterschwefligsauren liefert indessen das Strontiumsalz, weil Schwefelstrontium sowohl, als auch unterschwefligsaure Strontianerde in Wasser leicht auflöslich sind.

Der Theorie nach können 6 At. $\dot{Ba}\ddot{S}$ zerfallen in: 3 At. $\dot{Ba}\dddot{S}$, 2 At. $\dot{Ba}\ddot{S}$, 1 At. BaS und 6 At. S.

Unterschwefligsaure Strontianerde.

Die Eigenschaften dieses Salzes sind von Gay-Lussac und von Herschel ziemlich vollständig beschrieben worden. Seine Krystalle sind gewöhnlich von so bedeutender Gröfse, dafs das Aggregat derselben als ein einzelner Krystall fast den ganzen Raum der Lauge einnimmt. Doch ist ihre Form fast niemals gut zu bestimmen.

In der Hitze verlieren sie das Krystallwasser nach meinen Versuchen schwieriger, als diefs die älteren Angaben darstellen, wonach schon bei 60° 31 Proc. Wasser fortgehen sollen. Noch bei 180°, jenseits welcher Temperatur die Zersetzung des Salzes sehr bald erfolgt, bleiben etwa 6 Proc. zurück.

Ich zersetzte 2,899 Grm. des krystallisirten Salzes

durch Abdampfen mit Schwefelsäure, und erhielt 1,856 schwefelsauren Strontian, =1,046 Strontian oder 36,09 Proc. des Salzes. Diefs bestätigt die von Gay-Lussac gefundene Zusammensetzung, wonach es 5 At. Wasser enthält, indem die Formel $\dot{Sr}\ddot{S}+5\dot{H}$ giebt:

Strontian	35,72
Unterschweflige Säure	33,24
Wasser	31,04
	100.

Von dem bis 180° erhitzten Salze wurde ein Theil auf die beim Barytsalze angeführte Art allmälig bis zum Glühen erhitzt. Anfangs ging Wasser fort, alsdann sublimirte Schwefel, es entwich etwas schweflige Säure, und es blieb ein weifser pulvriger Rückstand, welcher Schwefelstrontium enthielt, was durch öfteres Auskochen mit Wasser entfernt wurde, worauf ein Gemenge von schwefelsaurem und schwefligsaurem Strontian übrig blieb, mit welchem Säuren eine starke Entwicklung von schwefliger Säure hervorbrachten.

Unterschwefligsaure Kalkerde.

Das eigenthümliche Krystallsystem dieses Salzes ist von Mitscherlich ausführlich beschrieben worden [1]). Sein Krystallwasser, dessen Menge, wie Herschel gezeigt hat, 42 Proc. oder 6 At. ausmacht, entweicht theilweise schon bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure. Beim Abschlufs der Luft erhitzt, verliert es Schwefel, und läfst einen weifsen schwach zusammenhängenden Rückstand, welcher, aufser Schwefelcalcium und schwefelsaurem Kalk, ohne Zweifel auch schwefligsauren Kalk enthält, was sich indefs bei der Schwerlöslichkeit des Schwefelcalciums nicht geradezu beweisen läfst.

1) Diese Annalen, Bd. VIII S. 427.



Unterschwefligsaure Talkerde.

Diese bisher wenig untersuchte Verbindung erhält man am besten durch Einkochen einer concentrirten Auflösung von schwefligsaurer Talkerde mit Schwefel. Das Verdunsten der Flüssigkeit geschieht am besten über Schwefelsäure. . Alkohol fällt die concentrirte Auflösung als eine schwere Flüssigkeit.

Die Krystalle der unterschwefligsauren Talkerde sind farblos, und gehören allem Anschein nach dem 2- und 2-gliedrigen System an. Es sind rechtwinklig vierseitige Säulen, entstanden durch Abstumpfung der beiderlei Kanten einer rhombischen Säule, bis zum Verschwinden der Flächen dieser letzteren. In der Endigung bemerkt man die Flächen eines Rhombenoctaëders, dessen beiderlei Endkanten durch die Flächen zweier zusammengehörigen Paare abgestumpft sind. Die Krystalle sind zu klein und zu wenig glänzend, um Messungen zu gestatten. Sie sind luftbeständig und in Wasser leicht auflöslich.

1,399 Grm. verloren beim Erhitzen bis zu 170° 0,345 Wasser, etwa die Hälfte des ganzen Gehalts, die bald darauf beginnende Zersetzung verhinderte eine genaue Beobachtung der Temperatur, bei welcher das Salz wasserfrei wird. Der Rest gab, mit Schwefelsäure abgedampft, 0,691 schwefelsaure Talkerde, $=$0,235078 Talkerde woraus hervorgeht, dafs das Salz 6 At. Wasser enthält. Denn man hat in 100 Theilen:

	Gefunden.	$\dot{M}g\ddot{S}+6\dot{H}$.
Talkerde	16,80	16,82
Unterschweflige Säure		39,23
Wasser		43,95
		100.

1,998 Grm. wurden durch Erhitzen zum Theil ihres Wassers beraubt und dann bei Abschlufs der Luft erhitzt. Sie schmolzen, gaben Wasser, Schwefel und schweflige Säure, und hinterliefsen nach dem Glühen

hen 0,614 = 30,75 Proc. einer weifsen halbgeschmolzenen Masse, welche aus schwefelsaurer, schwefligsaurer und reiner Talkerde bestand. Die Bildung des schwefligsauren Salzes liefs sich in diesem Fall sehr leicht und unzweifelhaft darthun.

Unterschwefligsaure Talkerde-Kali.

Aus einer gemischten Auflösung beider Salze erhält man beim Verdünsten ein Doppelsalz in Form einer undeutlich krystallisirten Masse, welches sich durch Abspüler mit Wasser und Umkrystallisiren von einem Ueberschufs des leichter löslichen Kalisalzes trennen läfst. Es wird indessen an der Luft sehr bald feucht; über Schwefelsäure aufbewahrt, giebt es kein Wasser ab.

2,058 Grm. wurden aufgelöst, und mit kohlensaurem Ammoniak und phosphorsaurem Natron gefällt. Die phosphorsaure Talkerde war nach dem Glühen = 0,523 = 0,191789 Talkerde = 9,31 Proc.

1,273 Grm. wurden mit Schwefelsäure erhitzt und der Ueberschufs der Säure durch erhöhte Temperatur verjagt, worauf 0,853 schwefelsaures Salz zurückblieb, = 67 Proc. des Doppelsalzes. Da nun 9,31 Talkerde 18,06 Schwefelsäure aufnehmen, so bleiben 39,63 schwefelsaures Kali, worin 21,42 Kali enthalten sind. Es ergiebt sich hieraus, dafs 1 At. von jedem der Salze und 6 At. Wasser vorhanden sind, $\dot{K}\ddot{S} + \dot{M}g\ddot{S} + 6\dot{H}$, indem man hat:

	Gefunden.	Berechnet.
Kali	21,42	21,63
Talkerde	9,31	9,47
Unterschweflige Säure		44,16
Wasser		24,74
		100.

Un-



Unterschwefligsaures Manganoxydul.

Läfst man die Auflösung dieses Salzes, die durch Zerlegung von unterschwefligsaurem Strontian und schwefelsaurem Manganoxydul erhalten wird, an der Luft oder über Schwefelsäure verdunsten, so zersetzt sie sich fast ganz in niederfallenden Schwefel und schwefelsaures Manganoxydul, so dafs es nicht gelingt das Salz in fester Form zu erhalten. Auch Alkohol scheidet nur eine concentrirte Auflösung ab, welche ohne Zersetzung nicht erstarrt.

Vertheilt man frisch gefälltes Schwefelmangan in Wasser und leitet einen Strom schwefliger Säure hindurch, so verwandelt es sich, unter Abscheidung von Schwefel, in unterschwefligsaures Salz.

Unterschwefligsaures Zinkoxyd.

Es verhält sich ganz wie das Mangansalz; nur wird Schwefelzink von schwefliger Säure bei weitem schwerer zersetzt.

Dagegen kann man eine Verbindung dieses Salzes mit Ammoniak erhalten, wenn man eine Auflösung mit einem Ueberschufs von Ammoniak und dann mit wasserfreiem Alkohol vermischt, wobei sich die neue Verbindung in feinen weifsen Nadeln ausscheidet.

Bei der Analyse dieser Verbindung erhielt ich aus 1,994 Grm. 0,79 Zinkoxyd =39,62 Proc. Da das Salz ohne Zweifel wasserfrei ist (es läfst sich ohne Zersetzung nicht vollkommen trocknen), so deutet die gefundene Menge des Zinkoxyds auf eine Verbindung $=\dot{Z}n\ddot{S}+NH^3$; denn eine solche enthält:

Zinkoxyd	38,12
Unterschweflige Säure	45,63
Ammoniak	16,25
	100.

Beim Ausschlufs der Luft erhitzt, zersetzt es sich sehr bald, wobei viel Ammoniak entweicht, ein Sublimat, bestehend aus Schwefel, schwefligsaurem und sehr wenig unterschwefligsaurem Ammoniak sich bildet, und ein weifser pulvriger Rückstand bleibt, aus welchem Wasser schwefelsaures Zinkoxyd auflöst, während das Unlösliche aus Schwefelzink besteht.

Von Wasser wird die Verbindung sogleich zersetzt, und Zinkoxyd flockig abgeschieden.

Unterschwefligsaures Eisenoxydul.

Es läfst sich rein am besten durch Zersetzung von schwefelsaurem Eisenoxydul und unterschwefligsaurem Strontian darstellen. Die Auflösung oxydirt sich leicht, und giebt beim Verdunsten grüne Krystalle, gemengt mit einem basischen Eisenoxydsalze.

Unterschwefelsaures Nickeloxyd.

Zersetzt man eine Auflösung von schwefelsaurem Nickeloxyd mit unterschwefligsaurem Strontian, so erhält man eine grüne Flüssigkeit, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure fast ohne Zersetzung concentriren läfst. Neben etwas Schwefelnickel schiefsen zuletzt grüne Krystalle an, welche genau die Form des Talkerdesalzes zeigen und luftbeständig sind.

Um ihre Zusammensetzung zu bestimmen, wurden 1,913 zur Entfernung des Krystallwassers erwärmt; allein schon unter 100° verwandelten sie sich in eine schwarze halbflüssige Masse, welche nun mit Königswasser digerirt und aus der Auflösung, nach Abscheidung des Schwefels, das Nickeloxyd durch Kali gefällt wurde. Es betrug 0,507 = 26,50 Proc.

Hieraus folgt, dafs das Salz 6 At. Wasser enthält, in sofern der Ausdruck $\dot{Ni}\ddot{S} + 6\dot{H}$ erfordert:

Nickeloxyd	26,88
Unterschweflige Säure	34,48
Wasser	38,64
	100.

Es ist also mit dem Talkerdesalz isomorph.

Beim Erhitzen in verschlossenen Gefäfsen zersetzt es sich, wie gesagt, sehr leicht; es gehen Wasser, Schwefel und schweflige Säure fort, und es bleibt zuletzt ein gesinterter gelber Rückstand von reinem Schwefelnickel, der in einem Versuche 32,73 Proc. des angewandten Salzes betrug, während der Rechnung nach $100\,\text{Ni}\ddot{\text{S}} + 6\,\bar{\text{H}}$ $= 32{,}68$ NiS sind.

Unterschwefligsaures Nickeloxyd-Ammoniak.

Vermischt man die concentrirte Auflösung des vorigen mit Ammoniak, so erhält man eine blaue Flüssigkeit, aus welcher durch wasserfreien Alkohol ein blaues krystallinisches Pulver niedergeschlagen wird, welches die Doppelverbindung darstellt. Man mufs dasselbe nach dem Abwaschen mit Alkohol zwischen Papier auspressen und sogleich in fest verschlossene Gefäfse bringen, weil es sich an der Luft sehr schnell zersetzt und eine grüne Farbe annimmt.

1,307 Grm., die nicht ganz ohne Zersetzung getrocknet werden konnten, wurden mit verdünnter Kalilauge gekocht und das Ammoniak in Chlorwasserstoffsäure aufgefangen. Man erhielt 0,897 Salmiak $= 0{,}2873$ Ammoniak, während das durch das Kali gefällte Nickeloxyd nach dem Glühen 0,278 wog. Berechnet man aus letzterem die unterschweflige Säure und betrachtet das was fehlt als Wasser, so hat man:

	Gefunden.		Berechnet.
Ammoniak	21,98	4 At.	= 19,72
Nickeloxyd	21,27	1 -	= 21,59
Unterschweflige Säure	27,28	1 -	= 27,68
Wasser	29,47	6 -	= 31,01
	100.		100.

Die Formel für diese Verbindung wäre mithin $(\dot{Ni}\ddot{S}+6\dot{H})+2NH^3$, wonach sich das krystallisirte Salz mit 2 Aequiv. Ammoniak verbindet.

In ihrem sonstigen Verhalten gleicht sie der zuvor beschriebenen Zinkverbindung.

Unterschwefligsaures Kobaltoxydul.

Es läfst sich auf gleiche Art wie das Nickelsalz darstellen. Die beim Verdunsten in gelinder Wärme zuletzt blau gefärbte Auflösung trübt sich durch etwas Schwefelkobalt, und liefert eine dunkelrothe krystallinische Salzmasse.

Um den Wassergehalt dieser Verbindung auszumitteln, deren Eigenschaften ganz mit denen des Nickelsalzes übereinkommen, wurden 1,023 Grm. mit Schwefelsäure zersetzt und abgedampft, wodurch 0,572 schwefelsaures Kobaltoxydul =0,2765 Kobaltoxydul zurückblieben, welche 27,03 Proc. ausmachen. Demnach enthält das Salz, gleich dem Talkerde- und Nickelsalze, 6 Atome Wasser; denn: $\dot{Co}\ddot{S}+6\dot{H}$ erfordert:

Kobaltoxydul	26,86
Unterschweflige Säure	34,50
Wasser	38,64
	100.

Unterschwefligsaures Bleioxyd.

Dieses Salz kann von allen unterschwefligsauren Metallsalzen am leichtesten rein erhalten werden. Nach der

Analyse von Herschel scheint es wasserfrei zu seyn; denn er fand darin 70,3 Proc. Bleioxyd. Ich kann diese Angabe bestätigen.

1,727 Grm. wurden mit Schwefelsäure zersetzt, und vom Ueberschufs der letzteren durch Erhitzen befreit. Es blieben 1,628 schwefelsaures Bleioxyd zurück, = 1,1976 Bleioxyd oder 69,34 Proc., während die Formel $\dot{Pb}\ddot{S}$ giebt:

Bleioxyd	69,84
Unterschweflige Säure	30,16
	100.

Herschel giebt ferner an, das Salz schwärze sich schon bei 100°. Es läfst sich indessen im Wasserbade sehr gut trocknen, und als es im Trockenapparate einer allmälig steigenden Temperatur ausgesetzt wurde, bemerkte ich erst bei etwa 200° eine dunkle Färbung. Bei der Destillation zeigten sich Schwefel und schweflige Säure, und ein grauer pulvriger Rückstand, bestehend aus Schwefelblei und schwefelsaurem Bleioxyd, dessen Gewicht in einem Versuche 78,57 Proc. des Salzes betrug, gewifs aber nicht constant ist [1]).

Doppelsalze von unterschwefligsaurem Bleioxyd.

Setzt man ein Bleisalz zu der Auflösung eines alkalischen unterschwefligsauren Salzes, so löst sich der anfangs entstehende Niederschlag bis zu einem gewissen Zeitpunkte vollständig wieder auf. Um aber die hierbei entstehenden Doppelsalze im reinen Zustande zu erhalten, mufs man unterschwefligsaures Bleioxyd direct in anderen unterschwefligsauren Salzen auflösen. Alle diese Doppelsalze sind indessen sehr leicht zersetzbar.

1) Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf aufmerksam machen, dafs in dem Lehrbuche von Berzelius, Bd. IV S. 501, durch einen Druckfehler die Angabe steht, 1 Th. des Salzes löse sich in 32,66 Th. Wasser. Es soll 3266 Th. heifsen.

Unterschwefligsaures Bleioxyd-Kali.

Schüttelt man das frisch gefällte Bleisalz mit einer mäfsig concentrirten Auflösung des Kalisalzes, so löst sich jenes ziemlich reichlich auf; doch darf man die Temperatur hierbei nicht bis zum Sieden erhöhen, weil sich die Flüssigkeit alsdann durch Abscheidung von Schwefelblei schwärzt. War sie hinlänglich concentrirt, so erstarrt sie beim Erkalten zu einer gleichsam coagulirten weifsen Masse, welche in einem zusammenhängenden Stücke die ganze Auflösung erfüllt, und von dieser durch Auspressen befreit werden mufs. Sie besteht aus höchst feinen seidenglänzenden Nadeln, welche sich dicht aneinanderlegen, und so eine scheinbar unkrystallinische Masse bilden. Bei der Darstellung dieses und der nachfolgenden Doppelsalze bleibt stets, selbst wenn man das Bleisalz im Ueberschufs anwendet, ein gröfser Theil des anderen Salzes unverbunden in der Flüssigkeit zurück.

Es ist bemerkenswerth, dafs die Gegenwart des Bleies in einer solchen Auflösung durch Schwefelsäure nicht sogleich angezeigt wird, erst nach einiger Zeit trübt sich die Flüssigkeit unter gleichzeitiger Abscheidung von Schwefel. Auch schwefelsaure Salze bewirken keine Fällung.

Von Wasser wird das unterschwefligsaure Bleioxyd-Kali partiell zerlegt, indem sich unterschwefligsaures Bleioxyd in glänzenden Krystallflittern absondert.

Zur Analyse wurde eine Portion des Salzes über Schwefelsäure getrocknet. 2,12 Grm. wurden sodann in Wasser aufgelöst und in die trübe Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas geleitet. Das Schwefelblei gab durch Oxydation 0,835 schwefelsaures = 0,61425 reines Bleioxyd, während aus der vom Schwefelblei getrennten Flüssigkeit durch Abdampfen mit Schwefelsäure u. s. w. 1,031 schwefelsaures = 0,55743 reines Kali erhalten wurden.

Berücksichtigt man, dafs das Salz etwas unterschwefligsaures Kali enthalten mufste, da es sich nicht auswaschen läfst, so zeigt die Analyse, abgesehen hiervon, dafs

die Zusammensetzung des Doppelsalzes der Formel

$$\dot{P}b\ddot{\overset{\cdot}{S}} + 2\dot{K}\ddot{\overset{\cdot}{S}} + 2\dot{H}$$

entspricht; denn es ist:

	Gefunden.	Berechnet.
Bleioxyd	28,97	30,27
Kali	26,29	25,61
Unterschweflige Säure		39,23
Wasser		4,89
		100.

Ein anderer Versuch mit einem noch weniger reinen Salze gab 27,63 Proc. Bleioxyd und 27,89 Proc. Kali.

Beim Ausschlufs der Luft erhitzt, giebt diefs Doppelsalz die Producte seiner Bestandtheile, nämlich Schwefel, schweflige Säure und einen Rückstand (77,39 Proc. des Salzes in einem Versuche), von schwefelsaurem Bleioxyd, Schwefelblei, schwefelsaurem Kali und Schwefelkalium. Die beiden letzteren zieht Wasser aus, indem es gleichzeitig eine Reaction des schwefelsauren Bleioxyds auf das Schwefelkalium bewirkt [1]).

Unterschwefligsaures Bleioxyd-Natron.

Das Natronsalz hat ganz die Eigenschaften des vorigen; doch ist die Schwierigkeit, es rein zu erhalten, noch gröfser, weil das unterschwefligsaure Natron weniger leicht löslich ist als das Kalisalz. Es wurde deswegen nicht analysirt.

1) Als diese Versuche schon beendigt waren, ersah ich aus einer in den Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. XXXX S. 94, enthaltenen Abhandlung von Lenz, dafs dieser Chemiker die zuletzt erwähnte Verbindung gleichfalls dargestellt und nach der Formel

$$\dot{P}b\ddot{\overset{\cdot}{S}} + 2\dot{N}a\ddot{\overset{\cdot}{S}}$$

zusammengesetzt gefunden hat.

Unterschwefligsaures Bleioxyd-Ammoniak.

Es wurde in gleicher Art wie die vorigen dargestellt, nur blieb die Auflösung längere Zeit an der Luft stehen, wobei sich etwas Schwefelblei absonderte, und zuletzt ansehnliche farblose Krystalle des Doppelsalzes erhalten wurden.

Es sind auf den ersten Anblick flache rechtwinklig vierseitige Tafeln; bei genauerer Untersuchung findet man indessen, dafs es rhombische Säulen sind, deren stumpfer Winkel 104° beträgt, die stumpfen Seitenkanten sind gerade abgestumpft, und diese Abstumpfungsflächen bilden die breiten Flächen der Tafel.

In der Endigung bemerkt man eine stumpfe Zuschärfung, unter sich einen Winkel von 150° 50' bildend, und auf die stumpfen Seitenkanten der Säule gerade aufgesetzt, mit deren Abstumpfungsflächen einen Winkel von 104° 50' bildend, so dafs das System wahrscheinlich 2-und-2-gliedrig ist. Sie lösen sich bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen und leicht in Wasser auf, aber nach wenigen Minuten oder beim Erhitzen trübt sich die Auflösung, indem sich unterschwefligsaures Bleioxyd in krystallinischen Flittern abscheidet, die im letzteren Fall mit Schwefelblei gemengt sind. Schwefelsaure Salze trüben die noch klare Auflösung sogleich nicht.

2,65 Grm. wurden aufgelöst und durch Schwefelwasserstoffgas zersetzt; das Schwefelblei gab durch Oxydation 1,241 schwefelsaures Bleioxyd = 0,9129 Bleioxyd. Das Filtrat wurde mit Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht, zur Entfernung des Schwefelwasserstoffs einige Zeit erwärmt, und sodann, um das Ammoniak auszutreiben, mit Kali gekocht. Jenes, in Chlorwasserstoffsäure aufgefangen, hatte 0,81 Salmiak gebildet, welche 0,25911 Ammoniak entsprechen. Diefs giebt für 100 Theile:

	Berechnet.		Gefunden.
Bleioxyd	34,45	1 At.	33,26
Ammoniak	9,79	2 -	10,23
Unterschweflige Säure		3 -	43,10
Wasser		5 -	13,41
			100.

Der Ausdruck für diefs Doppelsalz ist mithin:

$$\dot{Pb}\ddot{S} + 2\dot{N}H^4\ddot{S} + 3\dot{H}.$$

Es enthält 1 At. Krystallwasser mehr als das Kalisalz.

Unterschwefligsaurer Bleioxyd-Baryt.

Digerirt man beide einfache Salze zusammen mit Wasser, so löst sich nichts auf. Wenn man indessen die Auflösung eines der vorigen Salze mit essigsaurem Baryt vermischt, so entsteht nach einigen Minuten ein schwerer krystallinischer Niederschlag, welcher das verlangte Doppelsalz ist, freilich gemengt mit unterschwefligsaurem Baryt, wie es nach dem vorher angeführten Verhalten jener Doppelsalze zu Wasser seyn mufs.

Unterschwefligsaurer Bleioxyd-Strontian.

Das Bleisalz löst sich im Strontiansalze reichlich auf, aber die Auflösung liefs sich nicht zum Krystallisiren bringen. Alkohol schlug sie als eine syrupdicke Flüssigkeit nieder.

Unterschwefligsaurer Bleioxyd-Kalk.

Durch Auflösen des Bleisalzes im Kalksalze erhält man eine Flüssigkeit, aus welcher das Doppelsalz durch Alkohol in krystallinisch-körniger Form abgeschieden wird. Vom Wasser wird es zersetzt, jedoch nur theilweise. Die Auflösung wird von schwefelsauren Salzen nicht gefällt.

1,656 Grm., welche auf die beim Kalisalze ange-

führte Art zerlegt wurden, lieferten 0,682 schwefelsaures Bleioxyd =0,501699 Bleioxyd, und durch Fällung mittelst Oxalsäure einen Niederschlag, der beim Erhitzen 0,5 kohlensauren =0,28146 reinen Kalk gab. Danach ist die Zusammensetzung dieses Doppelsalzes:

	Gefunden.		Berechnet.
Bleioxyd	30,29	1 At.	31,96
Kalkerde	17,00	2 -	16,32
Unterschweflige Säure		3 -	41,41
Wasser		4 -	10,31
			100.

Der Ausdruck ist folglich $\text{Pb}\dot{S}+2\text{Ca}\dot{S}+4\dot{H}$.

Die Auflösung des unterschwefligsauren Bleioxyd-Kalis fällt die meisten Metallsalze nicht.

Mit *Quecksilberchlorid* erhält man einen weifsen Niederschlag; mit *essigsaurem Kupferoxyd* eine hellgrüne Fällung, welche an der Luft dunkelbraun wird. Diese ist wahrscheinlich ein Doppelsalz von unterschwefliger Säure mit Bleioxyd und Kupferoxydul, wenigstens enthält sie erstere und beide Metalle. Beim Erhitzen giebt es Wasser, schweflige Säure, und einen schmelzenden, dann erstarrenden Rückstand, der an der Oberfläche roth erscheint. Die bei der Darstellung dieses Salzes erhaltene Flüssigkeit enthält neben vielem Kupfer auch Blei, und schwärzt sich beim Erhitzen.

Zu *Silbersalzen* verhält sich das Kali-Doppelsalz gerade wie das einfache Salz.

Unterschwefligsaures Quecksilberoxyd.

H. Rose hat gezeigt [1]) dafs der weifse Niederschlag, welchen eine geringe Menge eines unterschwefligsauren Salzes in Quecksilberoxyd-Auflösungen hervorbringt, eine

1) Diese Annalen, Bd. XXXIII S. 240.

Verbindung von Schwefelquecksilber mit dem angewandten Quecksilberoxydsalze ist. Herschel hatte den vermittelst des Chlorids entstandenen fälschlich für ein Gemenge von schwefligsaurem Quecksilberoxyd, Quecksilberchlorür und Schwefel gehalten.

Während nun das unterschweflígsaure Quecksilberoxyd für sich nicht darstellbar ist, bildet es mehrere sehr wohl charakterisirte Doppelsalze mit anderen unterschwefligsauren Salzen. Schon Kirchhof beschreibt das Kalisalz [1]), und auch Herschel hat einige seiner Eigenschaften angeführt. Die Kali-, Natron- und Ammoniakverbindung stellt man direct durch Digestion von feinzertheiltem Quecksilberoxyd mit der mäfsig concentrirten Auflösung des unterschwefligsauren Salzes dar, wobei die Auflösung gewöhnlich unter starker freiwilliger Erwärmung erfolgt. Erhitzt man bis zum Kochen, so entsteht jedoch eine Zersetzung, wobei *schwarzes* Schwefelquecksilber sich abscheidet, während bei ruhigem Stehen der Auflösungen dieser Doppelsalze der Inhalt gewöhnlich als Zinnober sich absetzt.

Unterschwefligsaures Quecksilberoxyd-Kali.

Man erhält es, wegen seiner Schwerlöslichkeit in kaltem Wasser, von allen diesen Verbindungen am besten krystallisirt. Die Krystalle erscheinen als feine farblose Prismen, die in Alkohol unlöslich sind, welcher sie aus der wäfsrigen Auflösung abscheidet. Am Lichte schwärzen sie sich. Ihre Auflösung wird von Jodkalium nicht gefällt. Säuren bewirken nach kurzer Zeit eine Fällung von Schwefel, und später von Zinnober oder schwarzem Schwefelquecksilber, während schweflige Säure frei wird.

Die Analyse dieser Verbindung wurde sehr oft wiederholt, und zwar mit möglichster Abänderung der Me-

1) Scheerer's Annalen, Bd. II S. 30.

thoden, da die erhaltenen Zahlenwerthe keinem ganz einfachen Verhältnisse entsprechen.

I. 1,325 Grm. der Krystalle, die über Schwefelsäure nur wenige Milligrammen hygroscopischer Feuchtigkeit verloren hatten, wurden in Wasser aufgelöst, und ein Strom von Schwefelwasserstoffgas hindurch geleitet. Das Schwefelquecksilber wurde sodann in Königswasser gelöst, die Auflösung verdünnt, mit kohlensaurem Natron fast gesättigt und hierauf mit ameisensaurem Natron bei 80° digerirt, wodurch 0,448 Quecksilberchlorür 0,42431 Quecksilberoxyd erhalten wurden. Das Filtrat wurde hier, so wie immer in ähnlichen Fällen, mit Schwefelwasserstoff geprüft, und zeigte sich frei von Quecksilber. Das Kali wurde aus der vom Schwefelmetall getrennten Flüssigkeit durch Abdampfen mit Schwefelsäure bestimmt. Die erhaltenen 0,602 schwefelsauren Kalis entsprechen 0,32548 Kali.

II. 1,697 Grm., bei Luftzutritt geglüht, hinterliefsen 0,782 reines neutrales schwefelsaures Kali.

III. 1,709 Grm. eines durch Fällung mit Alkohol bereiteten Salzes gaben, auf die in I. angegebene Art untersucht, 0,629 Chlorür =0,577686 Quecksilberoxyd, und 0,79 schwefelsaures Kali =0,427129 Kali.

IV. Von demselben Salze, nochmals umkrystallisirt, gaben 2,578 Grm. nach dem Glühen 1,182 schwefelsaures Kali.

V. 2,621 Grm., von Neuem dargestellt, und durch Umkrystallisiren gereinigt, wurden wie in I. analysirt. Sie lieferten 0,918 Quecksilberchlorür =0,8431 Quecksilberoxyd, und 1,208 schwefelsaures Kali =0,653129 Kali.

VI. Von Neuem dargestellt, und zwar mit Anwendung von Quecksilberoxydul, welches sich dabei vollständig in Metall und Oxyd zerlegt, wurde das Salz umkrystallisirt und über Schwefelsäure getrocknet.

a) 1,556 Grm. wurden mit starker Salpetersäure oxy-

dirt, wobei 0,015 Schwefel zurückblieben, und durch Zusatz von Chlorbaryum 3,00 schwefelsaurer Baryt erhalten wurden, welche, mit Einschlufs des Schwefels, 0,64211 unterschwefliger Säure entsprechen.

b) 3,282 Grm., durch Schwefelwasserstoff zersetzt, gaben 1,803 Schwefelquecksilber, worin sich durch Oxydation u. s. w. 0,747 Schwefel fanden, so dafs 1,056 Quecksilber = 1,13942 Quecksilberoxyd vorhanden waren. Ferner erhielt man 1,477 schwefelsaures Kali = 0,798569 Kali.

Nach diesen Versuchen enthalten 100 Th. des Salzes:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Quecksilberoxyd	32,02		33,80		32,17	34,72
Kali	24,56	24,91	24,99	24,79	24,92	24,38
Unterschweflige Säure						41,27
						100,32.

Ungeachtet nun diese Resultate, besonders in Betreff des Kaligehalts, unter einander wenig abweichen, so führen sie doch zu keinem ganz einfachen Verhältnisse der beiden einzelnen Salze. Denn die Formel $\dot{H}y\ddot{S} + 2\dot{K}\ddot{S}$, als der nächste einfache Ausdruck, giebt:

Quecksilberoxyd	31,36
Kali	27,10
Unterschweflige Säure	41,54
	100.

Man hätte eher einen Ueberschufs an Kali durch beigemengtes Kalisalz erwarten können, obwohl die zur Untersuchung benutzten Proben stets durch Umkrystallisiren gereinigt waren.

Auch das Verhältnifs $2\dot{H}y\ddot{S} + 3\dot{K}\ddot{S}$ weicht sehr ab, indem es 36,36 Quecksilberoxyd, 23,56 Kali und 40,08 unterschweflige Säure erfordert. Dagegen pafst der Ausdruck:

$$3\dot{H}y\ddot{S} + 5\dot{K}\ddot{S},$$

wonach:

Quecksilberoxyd	34,53
Kali	24,86
Unterschweflige Säure	40,61
	100.

vorhanden seyn müssen, wogegen sich nur einwenden läfst, dafs Verbindungen zwischen zusammengesetzten Atomen zweiter Ordnung in dem Verhältnifs 3 : 5 bis jetzt noch nicht vorgekommen sind. Eher sollte man glauben können, das Salz bestehe vielmehr aus:

$$(\dot{H}y\dot{\ddot{S}}+K\dot{\ddot{S}})+2(\dot{H}y\dot{\ddot{S}}+2K\dot{\ddot{S}}).$$

Doch wäre es in diesem Fall eine wirkliche Verbindung, kein Gemenge.

Beim Erhitzen liefert es Schwefel, schweflige Säure, metallisches und Schwefelquecksilber, während schwefelsaures Kali zurückbleibt.

Unterschwefligsaures Quecksilberoxyd-Natron.

Diese Verbindung liefs sich nicht in fester Form darstellen. Alkohol fällt die wäfsrige Lösung als eine dickflüssige Masse, welche sich beim Stehen unter Abscheidung von schwarzem Schwefelquecksilber zersetzt.

Unterschwefligsaures Quecksilberoxyd-Ammoniak.

Es ist viel leichter zersetzbar als das Kalisalz, so dafs man die Krystalle, welche denen des Salzes gleichen, nicht ohne Beimengung von Zinnober sammeln kann. Am Lichte wird es schnell grau.

2,248 Grm., welche durch Alkohol krystallinisch gefällt waren, wurden mit Kalilauge destillirt, wodurch sich 0,993 Salmiak = 0,31805 Ammoniak ergaben. Die alkalische Flüssigkeit, mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, und durch ameisensaures Natron gefällt, lieferte 0,586 Quecksilberchlorür, entsprechend 0,53819 Quecksilberoxyd. Berechnet man die für beide Basen erforderliche

Säuremenge und nimmt das Fehlende für Wasser, so ist das Salz nach der Formel

$$\dot{H}y\dddot{S}+4\dot{N}H^4\dddot{S}+2\dot{H}.$$

zusammengesetzt, und enthält:

	Gefunden.	Berechnet.
Quecksilberoxyd	23,94	23,11
Ammoniak	14,14	14,51
Unterschweflige Säure	50,27	50,96
Wasser	11,65	11,42
	100.	100.

Obwohl die auflöslichen unterschwefligsauren Erdsalze Quecksilberoxyd auflösen (wobei gelbbraune Verbindungen von Quecksilberoxyd mit Erden sich zu bilden scheinen), so glückte es doch nicht, diese leicht zersetzbaren Auflösungen zum Krystallisiren zu bringen.

Eine Auflösung des Kali-Doppelsalzes bewirkt keine Niederschläge in Baryt-, Zink-, Kadmium- und Eisenoxydulsalzen. Bleisalze werden weiſs gefällt, Silbersalze anfangs gelb, dann braun; der Niederschlag enthält Quecksilber.

Setzt man unterschwefligsaures Quecksilberoxyd-Kali zu einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, so bleibt sie anfangs klar, trübt sich aber nach kurzer Zeit, und setzt einen schön braunrothen Niederschlag ab. Er wurde mit kaltem Wasser vollkommen ausgewaschen und an der Luft getrocknet. Beim Kochen mit Wasser schwärzt er sich, indem sich Schwefelkupfer bildet und das Wasser Schwefelsäure aufnimmt. Auch von Chlorwasserstoffsäure wird er dunkler gefärbt. Salpetersäure zersetzt ihn so, daſs sich unter Entwicklung von salpetriger Säure eine Kupferoxydauflösung bildet, und ein hellgelbes Pulver zurückbleibt, welches durch Chlorwasserstoffsäure geschwärzt wird, und sich, wie die Verbindung von Schwe-

felquecksilber mit salpetersaurem (auch wohl schwefelsaurem) Quecksilberoxyd verhält, und frei von Kupfer ist.

Kali und Ammoniak haben auf das Doppelsalz in der Kälte keine besondere Wirkung; beim Erwärmen wird es geschwärzt, und jene beiden färben sich blau, das Kali jedoch nur schwach.

I. 1,397 Grm., mittelst Königswasser oxydirt, hinterliefsen 0,059 Schwefel, und gaben mit Chlorbaryum 1,51 schwefelsauren Baryt, =0,20833 Schwefel. Im Ganzen also 0,26733 Schwefel=0,4001 unterschweflige Säure.

II. 1,273 Grm. lieferten in gleicher Art 0,027 Schwefel und 1,5 schwefelsauren Baryt =0,2069 Schwefel, zusammen =0,2339. Nach Entfernung des Baryts wurden beide Metalle durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, in Königswasser gelöst, aus der neutralisirten Auflösung das Quecksilber durch Ameisensäure, und das Kupfer aus dem Filtrat durch Kali gefällt, wobei sich 0,656 Quecksilberchlorür =0,60248 Oxyd, und 0,37 Kupferoxyd =0,332678 Oxydul ergaben. Endlich lieferte die von den Schwefelmetallen getrennte Flüssigkeit noch 0,024 schwefelsaures Kali =0,0129 Kali.

Hiernach enthält die Substanz:

	I.	II.
Unterschweflige Säure	28,64	27,51
Kupferoxydul		26,14
Quecksilberoxyd		47,33
Kali		1,02
		102,00.

Der Ueberschufs macht es wahrscheinlich, dafs das Quecksilber als Oxydul in der Verbindung enthalten sey, welches sich bildete, indem das Oxyd gleich dem Kupferoxyd die Hälfte seines Sauerstoffs an einen Theil unterschwefliger Säure abtrat, welche sich dadurch in Schwefelsäure verwandelt. Alsdann würde man haben:

Un-

Unterschweflige Säure	27,51
Kupferoxydul	26,14
Quecksilberoxydul	45,60
Kali	1,02
	100,27.

Sieht man von der kleinen Menge unterschwefligsauren Kalis ab, so ist die Substanz dem angewandten Kalidoppelsalze analog zusammengesetzt, nämlich:

$$3\dot{H}y\ddot{S} + 5\dot{C}u\ddot{S},$$

welche giebt:

Unterschweflige Säure	28,07
Kupferoxydul	25,96
Quecksilberoxydul	45,97
	100.

Beim Ausschlufs der Luft erhitzt, liefert sie schweflige Säure, metallisches und Schwefelquecksilber, und einen krystallinischen Rückstand von Schwefelkupfer.

Verhalten von unterschwefligsaurem Kali zu Kupferoxydsalzen.

Vermischt man die Auflösung des ersteren mit der von schwefelsaurem oder essigsaurem Kupferoxyd, so färbt sich die Flüssigkeit grün, und es entsteht nach einiger Zeit ein gelber krystallinischer Niederschlag, ein Doppelsalz von unterschwefliger Säure mit Kali und Kupferoxydul.

Kocht man ihn mit Wasser, so wird er schwarz und verwandelt sich in Schwefelkupfer, während die Flüssigkeit schweflige und Schwefelsäure, aber keine unterschweflige Säure enthält. Beim Trocknen an der Luft findet diese Zersetzung, obwohl in geringem Grade, gleichfalls statt; denn das Salz bräunt sich sehr bald. In Wasser ist es schwerlöslich. Beim Erhitzen mit Kalilauge scheidet sich gelbes Kupferoxydulhydrat ab, wäh-

rend das Filtrat mit Säuren die Reaction der unterschwefligen Säure giebt. In der Hitze schwärzt sich das Salz; Wasser zieht dann aus der Masse schwefelsaures Kali aus, welches frei von Schwefelkalium ist.

1,953 Grm. wurden mit Salpetersäure oxydirt, alsdann Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt. Dadurch erhielt man 3,08 schwefelsauren Baryt =0,4249 Schwefel, und aufserdem 0,124 desselben, zusammen =0,5489 Schwefel. Das Kupfer wurde durch Schwefelwasserstoffgas abgeschieden; es gab 0,682 Oxyd =0,613206 Oxydul. Ferner erhielt man 0,645 schwefelsaures Kali =0,348731 Kali.

Danach ist die Zusammensetzung:

	Gefunden.	Berechnet.
Kupferoxydul	31,40	30,63
Kali	17,86	20,26
Unterschweflige Säure	42,07	41,38
Wasser	8,67	7,73
	100.	100.

Die Formel: $\dot{K}\ddot{S}+\dot{\bar{C}}u\ddot{S}+2\dot{H}$. Die Differenz im Kaligehalt erklärt sich aus einem kleinen Verlust bei der Analyse, beim Abdampfen der kalihaltigen Flüssigkeit.

Dieses Doppelsalz löst sich in unterschwefligsaurem Kali auf; setzt man Alkohol zu der gesättigten Auflösung, so scheidet sich eine schwere ölige Flüssigkeit ab, welche nach kurzer Zeit zu einem weifsen Salze erstarrt.

Diese neue Verbindung ist in Wasser leichter löslich als die vorige, von der sie sich insbesondere dadurch unterscheidet, dafs sie beim Kochen mit Wasser unzersetzt bleibt. Fügt man indessen etwas Chlorwasserstoffsäure hinzu, so scheidet sich Schwefel ab, es wird schweflige Säure frei, und bald schwärzt sich das Ganze durch niederfallendes Schwefelkupfer. Mit Ammoniak übersättigt, bleibt die Auflösung dieses Doppelsalzes fast ungefärbt, wird aber beim Stehen an der Luft sehr bald blau.

Vermischt man sie mit Chlorbaryum, so entsteht ein starker weifser flockiger Niederschlag, der sich in Chlorwasserstoffsäure klar auflöst, ein Beweis, dafs das Kali in diesem Doppelsalze durch Baryt und andere Basen ersetzbar ist.

Bei der Analyse erhielt man aus 2,177 Grm. 0,67055 Schwefel; 0,373 Kupferoxyd =0,33537 Oxydul und 1,258 schwefelsaures Kali =0,68016 Kali, wonach in 100 Th.:

		Berechnet.
Kupferoxydul	15,41	16,48
Kali	31,24	32,73
Unterschweflige Säure	46,10	44,55
Wasser	7,25	6,24
	100.	100.

Formel: $3\dot{K}\ddot{S}+\dot{Cu}\ddot{S}+3\dot{H}$.

Verhalten von unterschwefligsaurem Natron zu Kupferoxydsalzen.

Die Erscheinungen sind hierbei ganz dieselben, wie bei Anwendung des Kalisalzes. Man erhält ein gelbes Doppelsalz, welches nach der Analyse von Lenz (A. a. O.) $=2\dot{Na}\ddot{S}+3\dot{Cu}\ddot{S}+5\dot{H}$ ist.

Löst man diefs in unterschwefligsaurem Natron auf, und fällt mit Alkohol, so erhält man ein weifses Salz, dessen Zusammensetzung aus folgenden Daten hervorgeht.

2,741 Grm. gaben nach der Oxydation mittelst Königswasser 5,146 schwefelsauren Baryt =0,70999 Schwefel, so wie 0,226 desselben; zusammen =0,93599. Ferner 0,619 Kupferoxyd und 1,497 schwefelsaures Natron =0,65597 Natron. Hieraus folgt:

		Berechnet.
Kupferoxydul	20,30	18,97
Natron	23,93	24,95
Unterschweflige Säure	51,13	51,28
Wasser	4,64	4,80
	100.	100.

Formel: $3\dot{Na}\ddot{S}+\dot{Cu}\ddot{S}+2\dot{H}$.

IX. *Von dem Gebrauch der Galvanometer als Meſswerkzeuge; von J. C. Poggendorff.*

(Weitere Ausführung einer am 20. Juni d. J. in der Academie vorgetragenen Notiz.)

Wie bekannt entsprechen die Galvanometer ihrem Namen sehr unvollkommen, indem sie geradezu für die Stärke der elektrischen Ströme nur ein unsicheres und beschränktes Maaſs gewähren. Selbst innerhalb der ersten zehn oder zwanzig Grade, für welche man in der Regel die Ablenkungen der Magnetnadel als proportional den Stromstärken glaubt ansehen zu dürfen, ist die Beziehung zwischen diesen beiden Elementen streng genommen nicht so einfach oder leicht bestimmbar, und darüber hinaus wird sie vollends so verwickelt, daſs man sie kaum noch theoretisch festzusetzen vermag.

Ganz unmöglich wäre dieſs zwar nicht: hätte man alle erforderlichen Data (Länge und Gestalt der Drahtwindungen, Lage und Abstand derselben rücksichtlich der Magnetnadel, Gröſse, Gestalt und magnetische Vertheilung der letzteren), so lieſse sich allerdings nach den zuerst von Ampère gegebenen Formeln eine solche Bestimmung ausführen; allein die Rechnung wäre auſserordentlich weitläufig und mühsam. Kaum würde sie auch der Mühe lohnen; denn immer bliebe das Resultat, wegen möglicher Fehler in den schwierig auszumittelnden Daten, ziemlich unsicher, und, selbst wenn es richtig wäre, würde es nur einen ganz particulären Werth besitzen, da es für jedes individuelle Instrument, ja sogar, bei einem und demselben Instrument, für jede Höhe der Nadel zwischen den Windungen, von Neuem aufgesucht werden müſste. Daher hat man denn auch bisher keinen Versuch gemacht, die Intensitätsskale des Galvano-

meters theoretisch zu bestimmen, sondern sich begnügt mit experimentellen Methoden, die, wenngleich auch nur particuläre Resultate liefernd, doch darin wesentliche Vorzüge haben, dafs sie weniger mühsam, also leichter wiederholbar sind, und gröfsere Zuverlässigkeit gewähren.

Solcher Methoden besitzen wir mehre, namentlich von Becquerel, Nobili und Melloni; von Becquerel haben wir zwei, von Nobili sogar drei. Alle diese Methoden haben das gemeinsam, dafs sie zu ihrer Anwendung eine ganze Reihe von Strömen erfordern, die auf verschiedene Weise combinirt werden. In dieser Beziehung zerfallen sie in zwei Klassen, in die Methoden der Vervielfältigungen und die der Unterschiede.

Die einfachste der ersteren ist von Becquerel angegeben. Er verbindet mit dem Galvanometer eine Thermosäule, von deren Gliedern er durch möglichst gleiche Erwärmung der abwechselnden Löthstellen folgweise ein, zwei, drei, vier u. s. w. in Thätigkeit setzt. Der Theorie nach mufs dann die Stromstärke ebenfalls in der Progression 1, 2, 3, 4 u. s. w. wachsen; folglich sieht man aus den Angaben des Instruments sogleich, welche Ablenkungen diesen Stromstärken entsprechen. Man braucht sie also nur aufzuzeichnen, um aus ihnen in allen künftigen Fällen die Verhältnisse der letzteren herzuleiten [1]).

Diese Methode kommt darauf zurück, dafs gleich starke Ströme, aus Einer Quelle herstammend, successive in der Anzahl 1, 2, 3, 4 u. s. w. durch einen und denselben Draht geleitet werden; man kann sie aber auch, aus einer oder mehren Elektricitätsquellen, durch mehre Drähte auf die Magnetnadel wirken lassen. Das Verfahren erfordert dann ein Galvanometer mit zwei oder mehren Drähten, und ist also auch nur auf ein solches anwendbar. Sonst ist es in seiner Handhabung dem vorigen ähnlich, nur bedarf man, da die Zahl der Drähte, folglich auch die der gleichzeitig anzuwendenden Ströme,

1) *Traité de l'électr. T. II p.* 24.

eine beschränkte ist, mehre Reihen von letzteren, um den ganzen Quadranten zu umspannen. Man richtet es so ein, dafs die Ströme einer Reihe immer einer gewissen Anzahl von Strömen aus der nächst vorhergehenden Reihe an Wirkung gleich kommen, um so die partiellen Reihen zu einer allgemeinen zusammensetzen zu können. Dieses Verfahrens bediente sich sowohl Becquerel als Nobili [1]).

Melloni legt seinen vortrefflichen Untersuchungen die Differenz-Methode zum Grunde. Nachdem er sich überzeugt, dafs bei seinem Galvanometer die Ablenkungen innerhalb der ersten zwanzig Grade den Stromstärken proportional seyen, bestimmt er darüber hinaus die Relation zwischen beiden Elementen auf folgende Weise [2]). Er verbindet mit dem Galvanometer eine Thermosäule, und erwärmt die eine ihrer Seiten durch Annäherung einer Lampe bis deren Strahlen eine Ablenkung von 20° hervorgebracht haben. Dann stellt er einen Schirm vor die Lampe und wartet bis die Nadel wieder auf 0° herabgekommen ist. Nun läfst er auf die andere Seite der Säule die Strahlung einer zweiten Lampe fallen, und regulirt den Abstand dieser so, dafs er eine Ablenkung von 24° in entgegengesetzter Richtung bekommt. Endlich läfst er beide Lampen gleichzeitig auf die Säule wirken. Er erhält nun, durch die Differenz der Ströme, eine Ablenkung, nicht von 4°, sondern von 5°,1; er schliefst nun: die Stromstärke, die er bei 20° Ablenkung gleich 20 setzte, müsse, um 24° Ablenkung hervorzubringen, 5,1 Einheiten gewachsen seyn, folglich 25,1 betragen. Auf ähnliche Weise, indem er durch zweckmäfsiges Näherrücken der einen und der anderen Lampe die Thermosäule zu gröfserer Thätigkeit anregt, bestimmt er den Kraftanwuchs für die Intervalle 28° — 24°, 32°

1) Annal. Bd. IX S. 346 und Bd. XX S. 226.

2) Ebend. Bd. XXXV S. 132.

—28° u. s. w., und nachdem er so eine hinreichende Zahl von Punkten für seine Intensitätsskale ausgemittelt, füllt er die dazwischenliegenden durch eine graphische Interpolation aus.

Desselben Verfahrens bediente sich schon früher Nobili bei einem Galvanometer mit zwei Drähten, durch die er die Ströme zweier Elektricitätsquellen in entgegengesetzter Richtung leitete, erstlich einzeln und dann zugleich.

Alle diese Methoden haben erhebliche Mängel. Sie sind, obwohl nicht so mühsam als eine theoretische Berechnung der Intensitätsskale seyn würde, doch bedeutend langweilig, und zugleich liegen ihnen Bedingungen zum Grunde, die in der Praxis schwer oder gar nicht zu erfüllen sind, und von deren Erfüllung man sich nicht überzeugen kann.

So ist es theoretisch zwar richtig, dafs die Stärke des Stroms einer Thermosäule sich direct wie die Anzahl der durch gleiche Temperaturunterschiede in Thätigkeit gesetzten Glieder verhalte; ob aber die Temperaturunterschiede für alle Glieder gleich, und bei Gleichheit dieser Unterschiede alle Glieder wirklich gleich wirksam seyen, darüber hat man keine Sicherheit.

Melloni's Methode ist wohl die beste unter den genannten; wenn es indefs richtig ist, was Becquerel beobachtet hat [1]), dafs gleiche Temperaturunterschiede, je nach ihrer Lage in der Thermometerskale, ungleich starke Thermoströme hervorrufen, so kann diese Methode offenbar nur für so kleine Temperaturdifferenzen und so schwache Ströme gültig seyn, als der berühmte italiänische Physiker zu seinen Untersuchungen anwandte.

Ueberdiefs ist der Schlufs, dafs z. B. der Strom von 24° Ablenkung, weil er, dem Strom von 20° entgegenwirkend, eine Ablenkung von 5°,1 hervorbringt, um 5,1 stärker als jener sey, oder sich zu diesem wie 20+5,1

1) Annal. Bd. IX S. 350.

zu 20 verhalte, nur eine Annäherung, die stillschweigends eine Proportionalität zwischen den Ablenkungen und Stromstärken voraussetzt. Sind a, b und $b-a$ die Kräfte, die respective die Ablenkungen α, β, γ hervorbringen, so kann, genau genommen, $a : b$ nur dann $\alpha : \alpha+\gamma$ seyn, wenn auch $a : b = \alpha : \beta$. Es erfordert also diese Methode, daſs der Unterschied von β und α, so wie der Werth von γ innerhalb der Gränzen von Kleinheit bleibe, zwischen denen diese Proportionalität noch annähernd gestattet ist.

Aus diesen Andeutungen wird zur Genüge erhellen, daſs eine tadelfreie Methode zur Bestimmung der Intensitätsskale der Galvanometer bisher noch nicht gegeben ward. Freilich könnte man sagen, sie sey auch überflüssig, da selbst das beste Galvanometer immer nur ein mittelmäſsiges Meſswerkzeug abgiebt, und für genaue Untersuchungen gegenwärtig die Spiegel-Apparate und die Sinusbussole vorhanden sind. Allein die letzteren Instrumente sind sehr kostbar, nicht jeder Physiker kann über sie verfügen, und überdieſs giebt es noch jetzt eine beträchtliche Zahl von Untersuchungen, bei denen eine Genauigkeit von einem halben bis ganzen Grad in den Ablenkungen der Magnetnadel zu allen Zwecken vollkommen ausreicht.

Daher glaube ich Manchem einen nicht unwillkommnen Dienst zu erweisen, wenn ich eine Methode zur Regulirung der Galvanometerskale beschreibe, die, wie mir scheint, allen Ansprüchen genügt. Sie ist bequem, sicher und allgemein anwendbar, hat auch schon darin einen wesentlichen Vorzug vor allen bisher bekannten, daſs sie zu ihrer Ausübung nur einen einzigen Strom von constanter Stärke verlangt [1]).

1) Neuerdings ist vom Prof. Petrina in Linz eine Methode angegeben (S. v. Holger's Zeitschrift für Physik, Bd. I S. 171), die zwar auch diesen Vorzug besitzt und leicht auszuführen ist, dennoch aber nicht allgemein empfohlen werden kann, da sie nur eine Annäherung

Das Princip dieser Methode läfst sich in wenig Worten aussprechen. Sie beruht nämlich darauf, *dafs man die Ablenkungen, welche die Drahtwindungen, im magnetischen Meridian liegend, bei verschiedener Stärke des durchgeleiteten Stroms, der Magnetnadel ertheilen, herleiten kann aus denjenigen, welche sie, von einem und demselben Strom durchflossen, aber unter verschiedene Winkel gegen den magnetischen Meridian gestellt, auf dieselbe Nadel ausüben.*

Wie dieses möglich sey, mag folgende geometrische Betrachtung erläutern. Die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus eine aus dem Meridian abgelenkte Magnetnadel in diesen zurückzuführen strebt, ist bekanntlich gleich dem Producte dreier Factoren, der Intensität des Erdmagnetismus, der magnetischen Intensität der Nadel und des Sinus des Ablenkungswinkels. Man kann also diese Kraft vorstellen durch eine Curve MN (Fig. 4 Taf. II), welche die Bogen zu Abscissen, und die Sinus der Bogen oder die diesen Sinus proportionalen Producte zu Ordinaten hat.

Eine analoge, nur umgekehrt liegende, d. h. nach den Cosinus der Bogen fortschreitende Curve würde die

gewährt. Prof. P. legte nämlich auf den Schliefsdraht einer galvanischen Kette von constanter Kraft die Enden des Drahtes seines Galvanometers, und nimmt dann an, die Stärke des durch dieses Instrument gehenden Zweigstroms sey genau proportional den Abständen der beiden Punkte, wo sich Schliefsdraht und Galvanometerdraht berühren. Diefs ist indefs nicht der Fall. Bezeichnet man mit r den Widerstand des zwischen diesen Berührungspunkten liegenden Stücks vom Schliefsdraht, mit r' den übrigen Widerstand der Kette, und mit r'' den Widerstand des Galvanometerdrahts, so hat man für die Stärke des durch diesen Draht gehenden Zweigstroms, wenn überdiefs k die elektromotorische Kraft der Kette vorstellt, den Ausdruck:

$$\frac{kr}{rr'+rr''+r'r''} \quad \text{oder} \quad \frac{kr}{r'r''+(r'+r'')r},$$

woraus erhellt, dafs diese Stromstärke allenfalls nur so lange dem Widerstande r annähernd proportional gesetzt werden kann, als derselbe sehr klein ist gegen r' und r''.

Kraft vorstellen, mit welcher der elektrische Strom die Nadel aus dem Meridian zu entfernen sucht, falls nämlich dieser einen im magnetischen Meridian liegenden, geraden oder kreisrunden Draht durchläuft, dessen Abstand von der Nadel oder dessen Kreisdurchmesser gegen die Dimensionen dieser unendlich grofs wäre. Zugleich würde der Durchschnittspunkt dieser beiden Curven oder vielmehr die demselben zugehörige Abscisse, die Ablenkung der den beiden Kräften unterworfenen Magnetnadel ausdrücken.

Bei den Galvanometern ist, wegen der verwickelten Gestalt des Drahts und seiner grofsen Nähe an der Nadel, die letztere Curve viel zusammengesetzter. Man kennt nicht ihren Lauf, aber man sieht wohl ein, dafs sie ungefähr wie aR in der Figur gestaltet seyn müsse. Es handelt sich nun zuvörderst darum, die Gestalt dieser Curve zu bestimmen, und zwar, da diefs theoretisch nicht wohl ausführbar ist, auf experimentellem Wege.

Diefs geschieht nun auf folgende Weise. Gesetzt aR sey die unbekannte Curve. Offenbar würde sich die Gestalt derselben ausmitteln lassen, wenn man sie längs der Abscissenaxe LR verschöbe, sowohl nach der linken als nach der rechten Seite, und man für jede Stellung die Coordinaten ihres Durchschnittspunkts mit der als gegeben zu betrachtenden Curve MN bestimmte. So hätte man für die Stellungen aR, $a'r'$, die Durchschnittspunkte c, c', die Ordinaten cp, $c'p'$ und die Abscissen Mp, Mp'; und um die Gestalt der Curve zu haben, würde man noch in allen Fällen, wo ihre Lage nicht mit der Normallage zusammenfällt, den Abscissen der Durchschnittspunkte das Stück wM hinzufügen oder abziehen müssen.

Diese einfache geometrische Betrachtung läfst sich nun leicht und genau verwirklichen, sobald die Drahtwindungen des Galvanometers in horizontaler Ebene drehbar sind. Gemeiniglich sind die Galvanometer schon

mit dieser Einrichtung versehen, und es ist dann nur noch nöthig neben den Windungen einen festsitzenden Zeiger anzubringen, mittelst dessen man den Betrag jeder Drehung ablesen kann [1]).

Gesetzt nun man habe einen Galvanometer mit drehbaren Windungen und einem festen Zeiger. Dann stellt man das Instrument zuvörderst so auf, dafs der Zeiger und die Null-Linie der Theilung im Meridian liegen, die Drehaxe der Magnetnadel auch genau durch den Mittelpunkt der Theilung gehe. Hierauf leitet man einen Strom von zweckmäfsiger und constanter Kraft, am besten einen thermo-elektrischen, durch die Windungen, damit man eine stationäre Ablenkung der Nadel von 35° bis 40° bekomme.

Dieser erste Ablenkungswinkel stellt die Abscisse Mp vor, sein Sinus die zugehörige Ordinate pc. Nun dreht man die Windungen, z. B. nach der Linken und um einen Winkel wM. Es erfolgt dadurch eine Ablenkung Mp'; mithin hat man für den Punkt c' der Curve die Abscisse $wM + Mp' = wp'$ und die Ordinate $p'c' = \sin Mp'$. So fährt man fort bis $wM = 90°$, also die Ablenkung $= 0°$, und damit die Abscisse $= 90°$ und die Coordinate $= 0$ geworden ist. Auf gleiche Weise dreht man hierauf die Windungen nach der anderen Seite des Meridians, zeichnet die entsprechenden Ablenkungen auf,

1) Bei meinem Galvanometer dreht sich der Teller, welcher das Drahtgewinde trägt, in einem metallenen Centrum um eine metallene Axe, die durch ein Getriebe und eine Schraube ohne Ende in Bewegung gesetzt wird. Eine solche Vorrichtung ist nothwendig, damit man eine sanfte, nicht wackelnde Drehung hervorbringen könne. Genau genommen ist auch erforderlich: 1) dafs der Ständer, an welchem die Nadel hängt, auf dem Teller stehe, damit er sich mit dem Drahtgewinde drehe und somit die Torsion des Fadens eliminirt werde, und 2) dafs die Drahtenden, welche sich nicht drehen können, durch Zusammenflechten aufser Wirkung auf die Nadel gesetzt und durch die durchbohrte Drehaxe nach unten geführt werden, wie es bei der Sinusbussole geschieht.

und fährt so fort, bis der Winkel zwischen der Nadel und den Drahtwindungen auf Null herabgekommen ist. Damit schliefst die Beobachtung; der Sinus des Ablenkungswinkels, welches dieser letzten Lage der Windungen entspricht, stellt die Anfangs-Ordinate *Ma* der Curve vor.

Allgemein ausgedrückt wäre der Gang also folgendermafsen. Man giebt dem Drahtgewinde gegen den magnetischen Meridian einen Winkel m; dann macht die Nadel mit dem Gewinde einen Winkel n und mit dem magnetischen Meridian einen Winkel $a = n + m$ oder $n - m$, je nachdem m auf gleicher oder entgegengesetzter Seite des magnetischen Meridians wie n liegt. Unterscheidet man nun die einzelnen Werthe von m und n durch Accente, oben oder unten, je nachdem sie dem ersten oder zweiten der genannten Fälle angehören, so gelangt man durch das eben beschriebene Verfahren zu folgenden Resultaten:

Winkel zwischen Drahtgewinde und Meridian.	Abscissen.	Ordinaten.	
$+m'''\cdots$	0	$\sin a'''\cdots$	$= \sin m'''\cdots$
. . . . .	. . . .	. . . .	. . . .
$+m''$	n''	$\sin a''$	$= \sin(n'' + m'')$
$+m'$	n'	$\sin a'$	$= \sin(n' + m')$
0	n	$\sin a$	$= \sin n$
$-m_{,}$	$n_{,}$	$\sin a_{,}$	$= \sin(n_{,} - m_{,})$
$-m_{,,}$	$n_{,,}$	$\sin a_{,,}$	$= \sin(n_{,,} - m_{,,})$
. . . . .	. . . .	. . . .	. . . .
-90°	90	0	

Damit wäre denn die Gestalt der Curve, welche die Wirkung des Drahtgewindes auf die Magnetnadel ausdrückt, für einen Strom von gewisser Stärke vollständig bestimmt, und zwar mittelst der Coordinaten der magnetischen Curve *MN*, deren Scheitel-Ordinate *NR* willkührlich angenommen wurde.

Es kommt nun zuvörderst darauf an, die Gestalt der

Curve für jede andere Stromstärke zu bestimmen. Wenn man dazu die beschriebene Operation eben so oft wiederholen müfste als verschiedene Werthe der Stromstärken möglich sind, so würde natürlich das ganze Verfahren völlig unbrauchbar seyn. Allein eine Wiederholung jener Operation ist auch ganz überflüssig: die Gestalt der Curve, für eine einzige Stromstärke bestimmt, reicht hin, ihre Gestalt für alle übrigen Stromstärken festzusetzen.

Klar ist nämlich, dafs wenn die Stromstärke aus einem Werth in einen andern übergeht, ohne dafs sich sonst an den Drahtwindungen, in dem Abstand und dem Winkel der Nadel gegen dieselben, etwas ändert, die Wirkung dieser Windungen auf die Nadel auch nur geradezu wie die Stromstärke sich verändern kann. Man wird also, wenn man die Gestalt der Curve für *eine* Stromstärke kennt, die Gestalt derselben für jede andere Stromstärke erhalten, wenn man alle ihre Ordinaten in demselben Verhältnifs verlängert oder verkürzt, als die letztere Stromstärke gröfser oder kleiner als die erste ist. So wird, wenn aR in Fig. 4 Taf. II die Curve für die Stromstärke Eins ist, AR die Curve für die Stromstärke Anderthalb seyn, da in letzterer alle Ordinaten zum Anderthalbfachen von der in der ersten gemacht sind.

Denkt man sich nun auf solche Weise die Curven für alle mit dem Galvanometer mefsbaren Werthe der Stromstärken gezeichnet, so bleibt noch der Haupttheil der Aufgabe zu lösen übrig, nämlich: aus den Durchschnittspunkten derselben mit der magnetischen Curve MN, Punkten, deren Coordinaten allein durch die Beobachtung gegeben werden, diese Werthe oder vielmehr die Verhältnisse derselben zu der als Einheit angenommenen Stromstärke zu bestimmen.

Wie diefs geschehe, läfst sich an zwei dergleichen Curven zeigen, z. B. an aR und AR in der Figur. Die Stromstärken, deren Wirkungen diese Curven re-

präsentiren, werden sich, gemäfs dem eben Gesagten, verhalten wie $Ph : PC$ oder, was gleich ist, wie $pc : pk$. Es handelt sich nun darum, diefs Verhältnifs aus den Durchschnittspunkten c, C, oder vielmehr deren Coordinaten Mp, pc und MP, PC herzuleiten.

Hiebei sind zwei Fälle zu unterscheiden; es kann nämlich die kleinere oder gröfsere Stromstärke gegeben, d. h. die untere oder die obere Curve bekannt seyn. Wir wollen zunächst den ersten Fall betrachten.

In diesem Fall hat man Ph in dem Verhältnifs $Ph : PC$ zu bestimmen. Wenn man sich die Curve aR, die wir als bekannt voraussetzten, längs der Abscissenaxe nach der Linken hingeschoben denkt, so wird offenbar ihr Durchschnittspunkt mit der magnetischen Curve auf dieser herabrücken, und es wird eine Stellung $a'r'$ geben, bei welcher dessen Ordinate $p'c' = Ph$ ist. Allein $c'p'$ ist der Sinus von Mp', d. h. der Sinus eines Werthes von a, für den man die entsprechenden Werthe von m und n durch das früher beschriebene Verfahren schon bestimmt hat. Ferner ist PC der Sinus von MP; aber MP ist gleich wp', und dieses wp' ist der dem Werth von a entsprechende Werth von n.

Es verhalten sich also die Stromstärken, deren Wirkungen durch die Curven aR und AR vorgestellt sind, und die, wenn die Drahtwindungen im Meridian liegen, die Ablenkungen Mp und MP hervorbringen, wie ein $\sin a$ zu einem $\sin n$ der früher gegebenen Tafel, d. h. wenn $n_{,}$ und $m_{,}$ die speciellen, der Stellung $a'r'$ der unteren Curve entsprechenden Werthe von n und m sind, wie $\sin(n_{,} - m_{,}) : \sin n_{,}$.

Auf ähnliche Weise läfst sich pk bestimmen, sobald die obere Curve AR diejenige ist, für welche man die früher gegebene Tafel entworfen hat. Man denkt sich AR nach der Rechten geschoben, in eine Stellung $A'R'$, bei welcher $C'P' = pk$. Dann ist $pk = C'P' = \sin MP' = \sin(n + m)$ und $pc = \sin Mp = \sin WP' = \sin n$.

Sind nun m', n' die speciellen, der Stellung $A'R'$ der oberen Curve entsprechenden Werthe von m und n, so hat man für das Verhältnifs der Stromstärken $pc : pk = \sin n' : \sin(n' + m')$.

Hieraus erhellt, dafs je nachdem die zu bestimmende Stromstärke gröfser oder kleiner ist als die zur Einheit angenommene, die dieser letzten Stärke entsprechende Curve nach der Linken oder Rechten geschoben werden mufs, und zwar so weit, dafs ihrem Durchschnittspunkt mit der magnetischen Curve eine Abscisse zukommt, die gleich ist der Abscisse des Durchschnittspunkts, welchen die Curve der zu bestimmenden Stromstärke bei ihrer Normalstellung mit der magnetischen Curve bilden würde. Der Sinus dieser letzten Abscisse, dividirt durch den Sinus der ersten, um die Verschiebung verkleinerten oder vergröfserten Abscisse, drückt das Verhältnifs der zu bestimmenden Stromstärke zu der als Einheit angenommenen Stromstärke aus.

Abgesehen von der geometrischen Construction läfst sich dieser Satz so ausdrücken. Hat man eine Stromstärke, gröfser oder kleiner als die zur Einheit angenommene Stärke zu bestimmen, so beobachte man zuvörderst, während die Drahtwindungen im Meridian liegen, die von ihr hervorgebrachte Ablenkung. Hierauf drehe man die Windungen, im ersten Falle rück-, im zweiten Falle vorwärts, bis der Winkel zwischen der Nadel und den Windungen dem eben beobachteten Ablenkungswinkel gleich geworden ist. Der Sinus dieses Ablenkungswinkels dividirt durch den Sinus des nach der Drehung stattfindenden Ablenkungswinkels ist das Verhältnifs der zu bestimmenden Stromstärke zu der als Einheit angenommenen.

Nach diesem wird begreiflich seyn, dafs wenn man sich zuvor, für eine gewisse zur Einheit angenommene Stromstärke, eine Tafel, wie die früher skizzirte, entworfen hat, die von 0° bis ungefähr 80°, alle Werthe von n oder von Winkeln der Nadel mit den Drahtwin-

dungen, und die entsprechenden Werthe von *m* oder Winkeln des magnetischen Meridians mit diesen Windungen enthält, man daraus eine zweite Tafel berechnen kann, welche die Beziehungen der Ablenkungen der Nadel zu den entsprechenden Stromstärken, bezogen auf jene Einheit, für den Fall angiebt, dafs die Drahtwindungen im magnetischen Meridian liegen.

Beispielshalber gebe ich hier zwei solche, für mein Galvanometer entworfene Tafeln. Den zu der ersten erforderlichen Strom lieferte eine kleine Thermokette, gebildet aus zwei Paaren Neusilber- und Kupferdrähten, die durch Aufdrehung mit einander verknüpft und über der Weingeistlampe in einem Sandbade an ihren abwechselnden Verbindungsstellen gehörig erwärmt wurden. Während der Messungen, die, achtzehn an der Zahl, nicht länger als eine halbe Stunde dauerten, war der Strom so gut wie constant. Uebrigens unternahm ich diese Messungen nur zur Erläuterung der Methode, daher strebte ich auch weder nach einer absoluten Genauigkeit, noch nach einer grofsen Vollständigkeit. Es wäre sonst ein Leichtes gewesen, die Werthe von *n* von Grad zu Grad fortschreiten zu lassen.

Beobachtet			Beobachtet		
m.	*n.*	*n+m.*	*m.*	*n.*	*n+m.*
+49° ½	0°	49° ½	— 8°	40°	32°
+46 ½	5	51 ½	—19	45	26
+43 ½	10	53 ½	—28 ½	50	21 ½
+38 ½	15	53 ½	—37	55	18
+31 ½	20	51 ½	—45 ¾	60	14 ¼
+23 ½	25	48 ½	—54	65	11
+13	30	43	—61	70	9
+ 3	35	38	—69	75	6
0	36	36	—76	80	4

Hieraus ergiebt sich nun die gesuchte Beziehung zwischen den Ablenkungen und Stromstärken, für den Fall, dafs

dafs die Drahtwindungen im magnetischen Meridian liegen, folgendergestalt:

Ablenkung n.	Stromstärke $\frac{\sin n}{\sin(n+m)}$	Ablenkung n.	Stromstärke $\frac{\sin n}{\sin(n+m)}$
0°	0,0000	40°	1,2130
5	0,1114	45	1,6130
10	0,2160	50	2,0901
15	0,3220	55	2,6508
20	0,4370	60	3,5182
25	0,5643	65	4,7499
30	0,7331	70	6,0071
35	0,9316	75	9,2408
36	1,0000	80	14,1180

Diese Tafeln, nebst dem vorhin Gesagten, werden das Wesen der Methode hinreichend verdeutlichen. Ich will nur noch bemerken, dafs die Einheit der Stromstärke, die hier einer Ablenkung von 36° entspricht, innerhalb gewisser Gränzen ganz willkührlich ist. Man kann dazu jede Stromstärke nehmen, die noch erlaubt, das n der ersten Tafel Null zu machen, d. h. die Drahtwindungen in Parallelismus mit der Nadel zu bringen. Natürlich wird diefs bei einem zu starken Strom nicht mehr möglich seyn. Im obigen Beispiele war zum erwähnten Parallelismus eine Drehung der Windungen von 49°$\frac{1}{2}$ erforderlich; das Maximum dieser Drehung würde begreiflich 90° seyn.

Bei Entwerfung der ersten Tafel, welche die Grundlage zur zweiten abgiebt, ist es daher nöthig, sich zuvor durch einen Versuch zu überzeugen, dafs der angewandte Strom keine zu grofse Stärke habe, dafs man die Windungen noch der Nadel parallel stellen könne; sonst würde man die Intensitätsskale der zweiten Tafel nicht bis 0° Ablenkung herab ausdehnen können. Es ist auch zweckmäfsig, die Messungen von m und n mit diesem Parallelismus, d. h. mit dem Nullwerthe von n, zu

beginnen, und die Drehungen von da an fortzusetzen, bis n den Werth von 80°, oder den Werth, bei welchem man stehen bleiben will, erreicht hat.

Ein schwacher Strom wird in dem unteren Theile der Intensitätsskale, ein starker in dem oberen die gröfsere Genauigkeit gewähren; und daher kann man, wenn man will, zur Entwerfung der ersten Tafel auch zwei Ströme anwenden, von denen dann der stärkere nicht $n = 0$ zu geben braucht, sondern nur so beschaffen seyn mufs, dafs mindestens der kleinste Werth von n, welchen er noch gestattet, mit dem gröfsten n des schwächeren Stroms zusammenfällt, damit man eine vollständige Reihe der n's von 0° aus bis 80° und darüber erhalte. Uebrigens kann man begreiflich in der auf die eine oder die andere Weise erhaltenen Intensitätsskale die Stromstärken auf jede beliebige von ihnen als Einheit beziehen, auch alle nicht beobachteten Werthe durch Interpolation ergänzen.

Was die Gestalt der Curve betrifft, welche, für die Einheit der Stromstärke, die Wirkung des Drahtgewindes auf die Nadel ausdrückt, so ist sie durch die Werthe von n als Abscissen, und durch die von $\sin(n+m)$ als Ordinaten gegeben. Im vorliegenden Falle würde man, wenn man $\sin 90° = 100$ setzt, folgende Werthe haben:

Abscissen n.	Ordinaten $\sin(n+m)$.	Abscissen n.	Ordinaten $\sin(n+m)$.
0°	76,04	40	52,99
5	78,26	45	43,84
10	80,39	50	36,65
15	80,39	55	30,90
20	78,26	60	24,62
25	74,90	65	19,08
30	68,20	70	15,64
35	61,57	75	10,45
36	58,78	80	6,98

Nach diesen Werthen ist die Curve aR in der Fig. 4 Taf. II gezeichnet. Sie zeigen, was übrigens die Zeichnung auf dem ersten Blick lehrt, dafs die Curve ihren Scheitel nicht über dem Nullpunkt zu liegen hat, sondern über einem Punkt zwischen den Abscissen 10 und 15, und dafs sie von da ab nach 0 hin eine Biegung herunter macht. Vollständig gezeichnet, d. h. auf der anderen Seite des Meridians bis zur Abscisse 90 fortgesetzt, würde also die Curve zwei Maxima darbieten.

Dieser, meines Wissens bisher noch nicht bemerkte Umstand ist nicht Folge von Beobachtungsfehlern; ich habe mich von seiner Wirklichkeit durch mehrmals wiederholte Messung genügend überzeugt; er kann auch nicht blofs meinem Galvanometer eigen seyn; denn offenbar entspringt er aus der Lücke, die man zwischen den Drahtwindungen läfst, um die Nadel in das Innere derselben zu bringen. Alle Galvanometer, die mit einer solchen Lücke versehen sind, und es möchte wohl wenige ohne dieselbe geben [1]), müssen auf die Nadel eine Wirkung ausüben, die durch eine Curve mit zwei Maximis vorgestellt wird. Uebrigens entspringt daraus kein Nachtheil, sobald wenigstens die Einbiegung nicht zu tief ist [2]); nur

1) Die schon von mehren Physikern gemachte Beobachtung, dafs jeder Kupferdraht, selbst der eisenfreiste, in schwachem Grade magnetisch ist, und es deshalb unmöglich macht, eine recht astatische Nadel den Drahtwindungen parallel zu stellen, wenn diese eine Lücke haben und somit zwei Anziehungspunkte darbieten, hat neuerlich Péclet veranlafst (*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. II p.* 103), die Lücke fortzulassen und die Nadel an einem die Windungen umfassenden Bügel aufzuhängen. Diese Vorrichtung würde die erwähnte Einbiegung der Curve nicht zeigen, aber sie hat anderweitige Nachtheile, beschränkt z. B. die Amplitude der Nadel sehr (wenn man sie nicht blofs einseitig machen will) so dafs kaum zu glauben steht, dafs sie allgemein in Gebrauch kommen werde.

2) Wäre die Einbiegung zu tief, so könnte es geschehen, dafs an einer Stelle derselben die Tangente der Curve einen gröfseren Winkel mit der Abscissenlinie bildete als die Tangente der magnetischen

wird es die Folge haben, dafs die Ablenkungen, selbst innerhalb der ersten zehn Grade, nicht, wie man gewöhnlich annimmt, den Stromstärken proportional sind, sondern in eine ziemlich verwickelte Beziehung zu diesen gerathen. Diefs ist jedoch für die eben beschriebene Methode ein gleichgültiger Umstand, da man durch sie, wie verwickelt diese Beziehung auch seyn mag, immer die entsprechenden Werthe beider Elemente findet, so genau als es die Ablesungen auf dem Limbus erlauben, und so dicht liegend, als man es für nöthig hält, so dafs man sich jeder unsicheren Interpolation überheben kann.

In dem Bisherigen habe ich, wie alle Physiker, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigten, immer nur die eine Hälfte aR der Effect-Curve in Betracht gezogen. Es ist indefs leicht zu erachten, dafs man die zweite, auf der anderen Seite des Meridians liegende Hälfte der Curve, wegen möglicher Unsymmetrie in der Gestalt der Windungen und in der Lage der Nadel, der ersten nicht unbedingt als gleich setzen kann. Will man also Ablenkungen der Nadel auf der anderen Seite des Meridians zur vergleichenden Messung von Stromstärken benutzen, so erheischt die Vorsicht, auch jene zweite Hälfte der Curve und die davon abhängige Intensitätsskale nach der beschriebenen Methode genau zu bestimmen.

Eben so ist nicht zu übersehen, dafs die Wirkung

Curve am Orte des gemeinschaftlichen Durchschnittspunkts beider. Diefs würde die Folge haben, dafs dieser Punkt einem labilen Gleichgewichte zwischen der elektrischen und magnetischen Kraft entspräche, und dafs sowohl auf der einen, als auf der anderen Seite desselben noch ein Durchschnittspunkt, entsprechend einem stabilen Gleichgewichte, vorhanden wäre. Das Daseyn dieser drei Durchschnittspunkte zwischen beiden Curven aR und MN würde die experimentelle Bestimmung der zusammengehörigen Werthe von m und n sehr compliciren. Bei der Gröfse, die man für gewöhnlich der Lücke zwischen den Drahtwindungen des Galvanometers giebt, hat man indefs eine so tiefe Einbiegung der Curve aR nicht zu besorgen.

der Drahtwindungen auf die Nadel für jede Höhe derselben innerhalb der Windungen eine andere ist, obwohl in der Mitte, wo das Maximum liegt, eine kleine Aenderung in dieser Höhe keinen sehr merklichen Einflufs auf jene Wirkung ausübt. Zur vollen Sicherheit ist es jedenfalls rathsam nach bestimmter Intensitätsskale die Höhe der Nadel nicht zu ändern (der feste Zeiger kann dabei als Marke für die ungeänderte Höhe dienen), oder, wenn sie zufällig geändert seyn sollte, die Bestimmung der Skale auf's Neue vorzunehmen.

Dasselbe mufs geschehen, sobald aus irgend einer Ursache zu fürchten steht, dafs der Magnetismus der Nadel sich merklich geändert habe. Ist diese Nadel eine einfache, so kann sie freilich im Ganzen stärker oder schwächer magnetisch werden, ohne dafs diefs einen Einflufs auf die Messungen ausübt, da die Einwirkung des Stroms auf sie alsdann in demselben Maafse steigt und fällt als die des Erdmagnetismus. Aber es mufs dabei die magnetische Vertheilung in der Nadel ungeändert bleiben, d. h. die magnetische Kraft eines jeden Punkts derselben in gleichem Verhältnifs zu- oder abnehmen, und dieser Fall läfst sich nicht so ohne weiteres mit Gewifsheit voraussetzen. Ist ferner, wie gewöhnlich, das Galvanometer mit zwei entgegengesetzt gerichteten Nadeln versehen, so werden die Angaben desselben schon verändert, ohne dafs sich die magnetische Vertheilung in diesen Nadeln zu ändern braucht, sobald nur in der einen der Magnetismus im Ganzen in einem anderen Verhältnifs zu- oder abnimmt als in der andern.

Dieser Umstände wegen ist es durchaus nothwendig, die Intensitätsskale des Instruments von Zeit zu Zeit zu prüfen, besonders nach Durchleitung starker Ströme; und eben deshalb mufs die Methode der Prüfung und Berichtigung eine leicht ausführbare seyn. Gerade in dieser Beziehung aber läfst die hier beschriebene Methode nichts zu wünschen übrig. Wie weitläufig sie auch in

der Beschreibung aussehen mag: in der Ausführung ist sie eben so einfach als bequem. Eine halbe Stunde reicht vollkommen hin, um die zu einer Tafel, wie die S. 336, erforderlichen Messungen auszuführen, Messungen, die, wenn, was man wohl voraussetzen darf, das Instrument einen festen Standpunkt hat und der Strom recht constant ist, an Sauberkeit nichts zu wünschen übrig lassen.

Neben dieser Bequemlichkeit, die der beschriebenen Methode schon einen grofsen Vorzug vor den bisher angewandten verleiht, besitzt sie den noch gröfseren, dafs sie nichts voraussetzt, dessen Richtigkeit nicht sogleich vollkommen einleuchtete. Die Methode bleibt zwar immer eine experimentelle, indem sie von Erfahrungsdaten verwickelter Art ausgeht; aber in der Benutzung dieser Daten verfährt sie streng und rationell. Ihre Resultate können daher auch nur in sofern fehlerhaft seyn, als es etwa die zum Grunde gelegten Messungen sind [1]).

Schliefslich will ich noch bemerken, wenn man es nicht schon bemerkt haben wird, dafs diese Methode in ihrem Princip eine grofse Verwandtschaft mit der besitzt, welche dem Gebrauch der Sinusbussole zum Grunde liegt. Es wird diefs namentlich aus dem dritten Satz der S. 335 klar geworden seyn. Indefs ist doch eine Verschiedenheit zwischen beiden Methoden da. Bei den Messungen mit der Sinusbussole wird die Nadel stets unter einem und demselben Winkel gegen die Drahtwindungen gehalten, und da zugleich der Aufhängepunkt der Nadel sich mit den Windungen dreht, so erreicht man dadurch die beiden grofsen Vortheile, dafs erstlich die Torsionskraft des Fadens eliminirt wird, und zweitens, dafs, ganz unbeschadet der Genauigkeit der Resultate, die Nadel jede beliebige excentrische Lage gegen den Mittelpunkt des getheilten Kreises haben kann.

1) Vorausgesetzt, dafs die Torsionskraft des Fadens und der Einflufs der letzten Drahtenden auf die in der Anmerkung, S. 331, angedeutete Weise entfernt worden sind.

Bei der galvanometrischen Methode, die in diesem Aufsatze beschrieben wurde, macht dagegen die Nadel, nur während sie von den zu vergleichenden Strömen abgelenkt wird, gleiche Winkel mit den Drahtwindungen; vor und nach der Einwirkung dieser Ströme macht sie keinen oder einen anderen Winkel mit den Windungen. Daher ist erforderlich, daſs ihre Drehungsaxe, die Verlängerung des Aufhängefadens, durch den Mittelpunkt der Theilung gehe, damit die an der Nadel abgelesenen Winkel wirklich die sind, welche sie mit den Drahtwindungen oder dem magnetischen Meridian macht. Eine solche Coïncidenz der Drehungsaxe mit dem Mittelpunkt der Theilung ist aber, bei der Kleinheit, welche der Limbus für gewöhnlich bei den Galvanometern besitzt, sehr schwer in aller Strenge zu erreichen, und daher steht diese Messungsmethode der bei der Sinusbussole gebräuchlichen an Genauigkeit nach.

Man könnte daher meinen, da man doch einmal zu Drehungen seine Zuflucht nimmt, es sey besser das Galvanometer geradezu wie die Sinusbussole zu gebrauchen. Wäre das erstere Instrument nach gleichem Princip und in gleicher Vollkommenheit wie letzteres gearbeitet, so würde dieſs Verfahren allerdings Vorzüge besitzen; allein die Galvanometer, auch die besten, bleiben immer nur mittelmäſsige Meſswerkzeuge, und der *kleine* Gewinn an Genauigkeit, den man *vielleicht* durch dieſs Verfahren erreicht, leistet keinen Ersatz für die Umständlichkeit des Drehens der Windungen bei jeder Messung. Ueberdieſs giebt es manche Untersuchung die keine gar groſse Genauigkeit in der Messung verlangt, es aber wünschenswerth macht, daſs man von Moment zu Moment den Gang der Stromstärke verfolgen könne. Und das eben läſst sich nicht bequemer und sicherer erreichen als durch eine, nach der beschriebenen Methode, im Voraus entworfene Intensitätsskale.

Zusatz. Im Vorstehenden wurde, der Anschaulich-

keit halber, das Princip der neuen Methode durch eine geometrische Construction erläutert; kürzer läſst sich der Beweis freilich auf analytischem Wege geben, wie Folgendes zeigen wird. Es seyen, für eine und dieselbe Intensität I des Stroms, die successiven Winkel zwischen dem magnetischen Meridian und den Drahtwindungen $\ldots + m''$, $+m'$, 0, $-m_{,}$, $-m_{,,}$, .. und die entsprechenden Winkel zwischen der Magnetnadel und den Drahtwindungen: $\ldots n''$, n', n, $n_{,}$, $n_{,,}$, .., so wird die Nadel bei den verschiedenen Werthen der ersten Winkel eine solche Stellung annehmen, daſs I, multiplicirt mit einer unbekannten Function f der letzten Winkel, gleich ist einer dem Erdmagnetismus proportionalen Gröſse M, multiplicirt mit dem Sinus der Summe zweier entsprechenden Winkel aus beiden Reihen. Man wird also haben:

$$If(n'') = M \sin(n'' + m'')$$
$$If(n') = M \sin(n' + m')$$
$$If(n\ ) = M \sin n$$
$$If(n_{,}) = M \sin(n_{,} - m_{,})$$
$$If(n_{,,}) = M \sin(n_{,,} - m_{,,})$$

Liegen dagegen die Drahtwindungen im magnetischen Meridian, und leiten sie successiv Ströme von der Intensität I'', I', I, $I_{,}$, $I_{,,}$.., welche die Ablenkungen ..n'', n', n, $n_{,}$, $n_{,,}$.. hervorbringen, so hat man:

$$I''f(n'') = M \sin n''$$
$$I'f(n') = M \sin n'$$
$$I\,f(n\ ) = M \sin n$$
$$I_{,}f(n_{,}) = M \sin n_{,}$$
$$I_{,,}f(n_{,,}) = M \sin n_{,,}$$

Durch Elimination der unbekannten Functionen erhält man aus diesen beiden Reihen von Gleichungen die den Ablenkungen n'', n'... entsprechenden Werthe der Intensitäten I'', I'..., bezogen auf die Normal-Intensität I.

X. *Ueber den Ixolyt, ein Mineral aus dem Geschlecht der Erdharze; von W. Haidinger.*

Bei einer neuerlichen Sendung von den Erdharz-Vorkommen von Oberhart bei Gloggnitz, welche von Hrn. Rudolph, Ritter von Steiger am Stein für die Mineralien-Sammlung der K. K. Hofkammer im Münz- und Bergwesen anlangte, befanden sich mehrere Stücke von jenem hyacinthrothen Harze, dessen in meiner Beschreibung des Hartits, in diesen Annalen, Bd. LIV S. 261, Erwähnung geschah.

Die naturhistorischen Eigenschaften lassen sich an diesen neuen Stücken so vollständig beobachten, als man sie nur in dieser Klasse von Körpern erwarten kann; ich stehe daher nicht an sie bekannt zu machen und auch den Körper selbst durch einen besonderen Namen zu bezeichnen, obwohl zu dem Begriffe einer wahren mineralogischen Species noch so manches sich wünschen liefse. Aber die Natur giebt uns die Körper in die Hand, wie sie nun einmal sind, und unser ist die Aufgabe, sie so zu beschreiben und zu charakterisiren, wie sie sich uns darstellen, und wie sie wieder erkannt werden können.

Der Ixolyt ist amorph; er zeigt keine Spur von krystallinischem Gefüge. Er erfüllt Längen- und Quersprünge in bituminösem Holze, manchmal den Hartit berührend, und doch scharf von demselben durch Farbe und Structur getrennt. Es ist merkwürdig, dafs mehrere von den gröfseren derben Massen, bei etwa einem halben Zoll Dicke hohle Räume einschliefsen, wie man sie sich durch Gasblasen hervorgebracht vorstellen kann, die in einer zähen Flüssigkeit stecken.

Der Bruch ist vollkommen muschlig, verliert sich aber auch durch Zwischengrade in den erdigen, da wo

die Massen kleiner sind, welches selbst bis zu staubartigem Anflug in den dünnen Rissen des Holzes fortsetzt.

Fettglanz, auf dem vollkommen muschligen Bruche ziemlich hohe Grade. Farbe hyazinthroth, die pulvrigen Abänderungen, so wie das durch Zerreiben zwischen den Fingern erhaltene Pulver ochergelb und gelblichbraun. Die muschligen Splitter sind stark an den Kanten durchscheinend.

Milde, läfst sich leicht zwischen den Fingern zu Staub zerdrücken, wobei sich ein sehr aromatischer Geruch entwickelt. Durch Aether ausgezogen und dann wieder trocken geworden, läfst er einen Geruch, ganz ähnlich dem von Benzoë, wahrnehmen, nach der Beobachtung von Hrn. A. Löwe.

Härte = 1,0. Ritzt den Talk nicht, wird auch nicht davon geritzt. Gewicht = 1,008, etwas geringer als das des Hartits.

Wie ich in der früheren Mittheilung anführte, ist der Schmelzgrad des Ixolyts etwas höher als der des Hartits. Der letztere fliefst plötzlich klar bei 74° C., der Ixolyt erweicht bei 76°, ist aber noch bei 100° ganz zähe und fadenziehend. Von dieser Eigenschaft, bei der Auflösung (*λύω*, ich löse auf) durch Wärme, zähe (*ἰξός*, Vogelleim) zu seyn, ist der Name gebildet.

Es ist gewifs höchst merkwürdig, dafs zwei, in so mancher Beziehung so nahe stehende und doch unterschiedene Körper in so ganz ähnlichen Verhältnissen zusammen vorkommen. Doch lassen sich auch hier bei recht aufmerksamer Untersuchung einige Verschiedenheiten wahrnehmen.

Der Ixolyt erscheint vorzugsweise auf den Längenrissen des bituminösen Holzes, welche früher als die Querrisse gebildet seyn dürften, und zwar viele auf gewaltthätige Weise, wie wir diefs auch an frischem Holze wahrnehmen, das leicht spaltet, aber nicht glatt in die Quere bricht. Das letztere setzt ein bereits erfolgtes Absterben voraus.

Auf einigen Quersprüngen bemerkte ich Hartit, der auf dem, die bituminöse Holzmasse überziehenden Ixolyt auflag.

Die Unterlage des Hartits ist gewöhnlich ein sehr blafsbraunes Holz. An der Oberfläche sind die Stämme oft mehr gebräunt, selbst zum Theil die Rinde zu Faserkohle geworden, also angebrannt. Unter einer Rinde von dunklerer Farbe, die selbst längs und quer stark gesprungen ist, bekleidet manchmal ein dünner Anflug von Ixolyt fast den ganzen Stamm.

In dem Braunkohlenlager kommt auch Schwefelkies vor. Ich habe ihn in zweierlei Berührung mit Hartit gesehen. An einem Stücke ist es ein dünner Anflug, wie vergoldet, auf den breiteren, der Theilbarkeit entsprechenden Flächen des Hartits; an einem anderen schlossen kleine kugelförmige, concentrisch-fasrige Gestalten von Schwefelkies Hartitkrystalle ein.

Die drei Bildungen sind also augenscheinlich in dieser Aufeinanderfolge vor sich gegangen: 1) Ixolyt, 2) Hartit, 3) Schwefelkies. Bei dem letzteren haben wir viele analoge Fälle durch die fortschreitende Reduction in deprimirten Schichten, selbst bei der gewöhnlichen mittleren Temperatur unserer Breiten, wenigstens für den Anflug, so in dem Mineral-Torf von Franzensbad. Aber auch die kugligen Gestalten sind gewifs bei einer niedrigeren Temperatur als 74° C. gebildet, sonst würde der Hartit, den sie einschliefsen, geschmolzen seyn.

Augenscheinlich ist, dafs der Ixolyt einst geschmolzen oder flüssig war, durch die blasenförmigen Räume, die er einschliefst; doch läfst sich nicht gerade behaupten, dafs sein gegenwärtiger Schmelzgrad die Temperatur während seiner Bildung gewesen sey; denn auch die schon gebildeten harzartigen Ausscheidungen werden durch die fortschreitenden Reductionsprocesse verändert, wie diefs ja auch bei dem Bernstein angenommen werden mufs. Nur das dürfen wir auch hier mit Sicherheit annehmen, dafs die Temperatur während der Krystallisa-

tion des Hartits eine lange Zeit hindurch gleichförmig bleibend und geringer war als 76°, der anfangenden Schmelzung des Ixolyts, mit dem er sonst zusammengeschmolzen wäre.

Das Braunkohlenflötz von Oberhart läfst drei geognostische Perioden unterscheiden: 1) die Bildung des ursprünglichen Torflagers an der Oberfläche der Erde; 2) die Depression, während welcher es mit Letten und Schutt bedeckt und in Braunkohle verwandelt wurde; 3) die letzte Hebung, durch welche das Braunkohlenflötz seine gegenwärtige Lage erhielt, mit dem Einfallen von 70° nach Mitternacht, den verwerfenden Klüften nach Ost und West, hinter welchen es noch nicht ausgerichtet ist.

In Beziehung auf diese drei Perioden dürfen wir wohl die erste Bildung des Ixolyts in die Zeit setzen, welche der Einschliefsung der Stämme in das Torfmoor und in den dasselbe bedeckenden Letten unmittelbar voranging, wenn er sich auch zum Theil erst in den nach Begrabung der Bäume gebildeten Quersprüngen absetzte, und nachmals durch Veränderung seiner Masse fest und pechähnlich wurde. Die Bildung des Hartits setzen wir in die erste Periode selbst, während der Ruhe nach der Bildung des Torfes, nach der Analogie des Vorkommens von Fichtelit. Die Entstehungszeit der nachahmenden Gestalten von Schwefelkies endlich ist ohne Zweifel die zweite Periode, die der Depression. Nach der letzten Hebung endlich waren die schon gebildeten Körper plötzlich aufser den Bereich der Veränderungen gerückt, etwa wie die Mineralien in einem Kabinet.

XI. *Meteorsteinfall bei Milena in Croatien.*

In der Wiener Zeitung vom 22. und 23. Mai d. J. giebt der Dr. Kocevar, zu Windisch-Landsberg, umständliche Nachricht von einem Meteorsteinfall, der sich am 26. April 1842 Nachmittags 3 Uhr, unweit Milena, in Croatien zugetragen hat. Bei ganz heiterem Himmel hörte man schnell auf einander drei Donnerschläge, ähnlich dem Knall von abgefeuerten Kanonen schweren Kalibers, und dann folgte ein Getöse, demjenigen ähnlich, welches durch schnelles Fahren eines Wagens über eine hölzerne Brücke erzeugt wird, und dauerte ungefähr 15 Minuten. Viele Leute, die gerade im Freien waren, sahen, vor dem Gekrache, ein Licht hoch in der Luft zwischen dem Schlosse Milena und der Pfarrkirche St. Anna. Diefs Licht bestand in einem achtfachen Blitz, wobei es den Anschein hatte, als wären von zwei entgegengesetzten Seiten je vier brennende Raketen gegen einander geflogen, um sich in einer Lichtmasse, die bald verlöschte, zu vereinigen. An der Lichtstelle wurde darauf ein weifser Nebel gesehen, welcher sich nach allen Seiten ausdehnte und verschwand. Noch an demselben Tage erfuhr Hr. Dr. K., dafs zu *Pusinko Selo*, eine Meile südwärts von Milena, ein grofser Stein vom Himmel gefallen sey. Er begab sich also, in Begleitung dreier Herrn, Beamten aus der Nachbarschaft, dahin, und war noch so glücklich ein $2\frac{1}{8}$ Pfund schweres Stück des Steins zu erhalten. Der Stein, der mit sausendem Geräusch auf einen im tiefen Thale befindlichen Acker, auf welchem ein Bauerweib arbeitete, gefallen und einen Schuh tief in die Erde eingedrungen war, hatte eine bedeutendere Gröfse gehabt, aber Neugierige hatten sich Stücke davon abgeschlagen, um sie als Merkwürdigkeit aufzubewahren. Erwähnter Ueberrest

hatte zwei frische Bruchflächen und drei natürliche Flächen, welche letztere mit einer schwarzen Kruste bedeckt waren. Eine dieser letzteren war convex, und vom höchsten Punkt derselben liefen hie und da unterbrochene erhabene Streifen aus, die den Anschein gaben, als wäre die Kruste durch Schmelzflufs entstanden. Der Stein war brüchig, der Bruch körnig und aschgrau, mit röthlichweifsen, metallisch glänzenden oder gelben Körnern eingesprengt, die gediegenes und oxydirtes Nickel zu seyn schienen. Das specifische Gewicht mochte =5,5 seyn. — Eine halbe Meile von Pusinsko Selo entfernt fiel ein zweiter Meteorstein, welcher aber von den Leuten noch mehr zerschlagen wurde. Von diesem sah Hr. Dr. K. nur ein 4 Loth schweres Stück, übrigens an Farbe und Bruch dem erstbeschriebenen ähnlich.

XII. *Ueber Irrlichter.*

Die *Annali di fisica etc.* (*Vol. III*, (1841) *p.* 36) enthalten über dieses so seltene Meteor eine bemerkenswerthe Notiz vom Dr. Quirico Barilli Filopanti zu Bologna, aus welcher wir Folgendes glauben hervorheben zu müssen.

»Der Maler Onofrio Zanotti versicherte mich, dafs, als er eines Abends mit noch Jemand in der Strafse Lungo Reno ging, er vor dem Hause des Prof. Santini zwischen den Steinen der Strafse, wie zwischen seinen Füfsen, einen feurigen Ball in Gestalt einer Flamme hervorgehen sah, die sich schnell erhob, und gleich darauf verschwand; er fühlte die Hitze im Gesicht, an welchem sie nahe vorbeiging. Indem ich meine Erkundigungen bei vielen Leuten fortsetzte, erfuhr ich, an welchen Orten in der Nachbarschaft der Stadt Irrlichter am häufigsten wären. Ich begab mich jeden Abend bald an den

einen, bald an den andern Ort; und habe viele Nächte hindurch daselbst zugebracht, sowohl bei heiterem als regnerischem Himmel. Besonders verweilte ich am Eingang der Kirchhöfe, weil man mir gesagt hatte, dafs sie in der Nähe solcher Orte am meisten sich zeigten, obwohl in der That ich auch nicht ein einziges dort sah. Diese Untersuchungen wurden im letzten Herbst angestellt, einer Zeit, in welcher nach den gehörten Aussagen wie nach meiner eigenen Kenntnifs dieses feurige Phänomen häufiger als zu einer anderen Zeit sich zu zeigen scheint, vielleicht wegen der schnellen Veränderung im Atmosphärendruck, wodurch die in der Erde eingeschlossenen Luftarten leichter einen Ausgang finden, indem sie der natürlichen Elasticität folgen.«

»Nicht mehr als drei habe ich gesehen, und zwar in verschiedenen Nächten. Das erste war eins von jenen, welche aus der Erde kommen, sich bis zu einer gewissen Höhe erheben und dann plötzlich verlöschen. Wenig mehr kann ich auch von diesem sagen, als dafs es schnell in verticaler Richtung bis zur Höhe von 3 bis 4 Meter aufstieg und mit einem kleinen Knall verschwand. Das zweite bewegte sich horizontal, wurde lange von mir verfolgt, und vom Winde über den Flufs Idice getragen, der es dann aufhielt. In Betreff des dritten, welches mir zu einem erwünschten Versuch Gelegenheit bot, mufs ich einige darauf bezügliche Umstände vorausschicken.«

»Ein an Irrlichtern reicher Ort ist die Parochie von St. Donino, besonders bei der kleinen Kirche Ascensione, zwei Miglien oder wenig mehr von Bologna, namentlich in der Nähe einer Hanfröste, in dem Bache, in welchem vor Jahren drei silberne Opferschalen von schöner antiker römischer Arbeit, über welche Prof. Bianconi Aufklärung gab, gefunden wurden. Mehrere Abende hatte ich mich vergebens dahin begeben. An dem einen, welcher auf die Nordlichtnacht im vergangenen October

folgte, wo es regnete, und ich vom Gehen müde war, ging ich in das Haus des Bauern, auf dessen Feld die erwähnte Röste sich befand. Nach und nach öffnete ich das Fenster, das nach dem Orte hinausging, wo das Phänomen sich gewöhnlich zeigte. Gegen 11 Uhr erschien das erwünschte Licht, und ich ergriff einen für solche Zwecke immer bereit gehaltenen Stock, an dessen Ende Werg befestigt war, und lief eiligst nach jenem Orte hin, während die Bauern an den Fenstern oder vor den Häusern zur Beobachtung sich anschickten. Als ich dem Licht auf einige zwanzig Schritt nahe war, hielt ich ein Weilchen an, um es zu betrachten. Es hatte die Gestalt und Farbe einer gewöhnlichen Flamme, oben mit einem leichten Rauch, war fast ein Decimeter dick, und schritt langsam von Süden nach Norden vorwärts. Als ich mich noch mehr näherte, änderte es seine Richtung, entfernte sich von mir, wobei es sich erhob. Aber mittelst des langen, eilig herangebrachten Stockes ward schnell das Werg vom Feuer ergriffen, und ich schwang es über meinem Kopf, damit die Bauern seine Flamme von der des Irrlichts unterscheiden könnten, was auch, wie sie mich nachher versicherten, sehr deutlich gesehen ward. Kurz darauf erlosch das Irrlicht in einer Höhe von 2 bis 3 Mann. Es erschien aber kleiner wieder (wenn es nicht ein anderes war, wie ich zu glauben geneigter bin) auf einer weiterhin gelegenen Röste. Ich lief vergeblich hin, weil es in einigen Secunden verlosch, und ich sah weder in dieser Nacht noch nachher etwas. Die Ueberreste des Wergs rochen nicht knoblauchartig, wie es dem Phosphor eigen ist, sondern hatten einen gewissen sehr schwachen Geruch, den ich nicht zu bezeichnen weiſs, der mir aber etwas schwefelartiges und ammoniakalisches zu haben schien.«

1842. ANNALEN № 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVI.

I. *Ueber Hrn. De la Rive's Hypothese vom Rückstrom in der Volta'schen Säule;* *von J. C. Poggendorff.*

(Gelesen in der Akademie am 26. Mai.)

In seinen *Recherches sur l'électricité voltaïque* hat Hr. De la Rive vor einigen Jahren eine Ansicht über den Vorgang in der Volta'schen Säule aufgestellt, und so viel bekannt, seitdem nicht zurückgenommen, die wesentlich von der aller übrigen Physiker abweicht. Statt nämlich diese, sie mögen sonst in Betreff des Ursprungs der Volta'schen Elektricität widersprechender Meinung seyn, wenigstens darin übereinstimmen, daſs sie den Strom der einfach geschlossenen Säule als einen einzigen, unverzweigten ansehen, hält der berühmte Genfer Physiker sich zu der Annahme berechtigt, es finde von den Polen der Säule aus eine doppelte Entladung statt, einmal durch den Schlieſsdraht, und dann durch die Säule selbst [1]).

Dieser Ansicht gemäſs ist zwischen einer geschlossenen und ungeschlossenen Säule kein wesentlicher Unterschied da. Beide sind geschlossen; nur läuft bei der, deren Pole nicht metallisch verknüpft sind, der Strom gänzlich in der Säule zurück, und da dieser Rückstrom dem rechtläufigen an Stärke gleich ist, so heben sie oder ihre Wirkungen einander auf, und damit sind denn alle sichtbaren Anzeigen einer elektrischen Strömung vernichtet. Verbindet man die Pole einer solchen Säule durch einen Metalldraht, so wird nicht erst ein Strom erzeugt,

1) Siehe Ann. Bd. XL. S. 517.

sondern nur dem Rückstrom ein neuer Abzugskanal eröffnet, und dieser, auf solche Weise abgeleitete Theil des Rückstroms, nicht der volle Strom, ist es, den wir bei allen unsern Versuchen beobachten.

Hr. De la Rive, der besonders durch das Studium der elektroskopischen Erscheinungen der Säule auf diese Hypothese geleitet worden ist, hält dieselbe für eine unumgänglich nothwendige Ergänzung der Lehre vom chemischen Ursprung der Volta'schen Elektricität, während Faraday, — sonst doch auch ein guter Anhänger dieser Lehre, — die genannte Hypothese nicht zu Hülfe zieht, sey es nun, dafs er sie nicht kennt, oder dafs er sie für überflüssig hält. Ueberhaupt scheint es nicht, dafs diese Hypothese bisjetzt viel Anerkennung oder Beifall gefunden habe. Vielleicht ist Hr. Lamé der Einzige, der sie adoptirt hat (in seinem *Cours de Physique, Paris* 1837 *T. II. p.* 179); die meisten Physiker erwähnen ihrer nicht, und einige derselben haben sich sogar tadelnd über sie ausgesprochen.

Von letzteren könnte ich zuvörderst Fechner nennen; indefs, um nicht wieder bei Hrn. De la Rive in den Verdacht eines Hyperpatriotismus zu fallen, wie es nach den *Archives de l'électr. No.* 3. *p.* 534. zu urtheilen, der Fall gewesen ist, will ich lieber einen ausländischen Physiker reden lassen: ich meine Hrn. Vorsselman de Heer, zu Deventer. Derselbe äufsert sich im *Bulletin des sciences physiques etc. en Néerlande.* 1839. *p.* 341 folgendermafsen:

» *Quant au principe, qui sert de base à la theorie de M. De la Rive, je veux dire la neutralisation des deux electricités à travers la pile elle-même, il est d'abord tout à fait gratuit, et me paraît d'ailleurs peu probable. En effet comment se faire une idée d'une recomposition, s'operant en même temps et par les mêmes moyens, qui ont produit la décomposition des fluides? Ce serait un mouvement, détruit par la cause*

même qui l'a fait naître. La nature, ce me semble, aurait pu s'épargner cette peine; elle ne produit pas uniquement pour détruire; un tel mode d'action est contraire à tous ce que nous savons sur la nature des forces, qui régissent les phénomènes matériels, et tant que la théorie chimique aura besoin d'une pareille hypothèse pour se soutenir, les partisans de la théorie de Volta ne manqueront pas d'une arme puissante pour la combattre.«

Ich glaube man kann nicht anders als diesem Urtheile beipflichten. Selbst die Wahrscheinlichkeit der Hypothese ganz bei Seite gelassen, sind schon die Schlüsse, welche Hr. De la Rive aus ihr ableitet, von der Art, dafs sie derselben eben nicht zur Stütze gereichen. So z. B. sagt derselbe: *Sobald die Säule auch nur ein wenig besserer Leiter ist als der die Pole verbindende Körper, geht durch diesen nichts oder sehr wenig von dem Strom,* — eine Behauptung, die offenbar, wie auch Hr. Vorsselman bemerkt, aller Erfahrung widerspricht [1]). Nicht viel besser verhält es sich mit einer anderen Folgerung des berühmten Physikers, mit der nämlich: *es müsse, bei gegebener Plattenfläche einer Säule, die Zahl der Plattenpaare immer so gewählt*

1) S. Ann. Bd. XL. S. 521. — Vielleicht hat man diesen Ausspruch nur für eine Uebereilung zu nehmen; denn einige Seiten weiterhin (S. 525.) äufsert der Verfasser ganz richtig: *»Es ist nicht einmal nöthig, was Hr. Marianini voraussetzt, dafs der* (die Pole verbindende) *Leiter so gut leite als die Säule, damit ein Antheil des Stroms durch ihn gehe; denn es ist eine wohlbekannte Eigenschaft des elektrischen Stromes sich immer in mehr oder weniger starkem Verhältnifs in alle auf seiner Bahn liegende Leiter zu verbreiten, wie verschieden sie übrigens in der Leitungsfähigkeit auch seyn mögen.«*

Es ist indefs zu bemerken, dafs, genau genommen, der eine wie der andere Ausspruch bei Hrn. De la Rive nur eine blofse Muthmafsung ist, da derselbe nicht die Mittel kannte, die Leitungsfähigkeit einer Säule scharf zu bestimmen.

werden, dafs die Säule an sich weniger gut leite, als der die Pole verbindende Körper [1]). Dieser Satz hat zwar keine Thatsachen gegen sich; allein sehr zweifelhaft mufs er jedenfalls erscheinen, da wir aus der Ohm'schen Theorie, die sich doch sonst so vielfältig bewährt hat, wissen, dafs, in einem solchen Falle, der Strom das Maximum seiner Stärke erreicht, wenn die Säule *eben so gut leitet* als jener Körper.

Freilich bliebe noch die Richtigkeit der genannten Folgerungen zu erörtern; indefs, wie dem auch sey: bewiesen ist das Daseyn eines Rückstroms in der Säule nicht, und wahrscheinlich eben so wenig; aber es schliefst auch nicht gerade eine Unmöglichkeit ein, und widerlegt ist dasselbe gleichfalls nicht. Da es nun, ganz abgesehen von der leidigen Frage über den Ursprung der Volta'schen Elektricität, für die Theorie der Säule von Wichtigkeit ist, mit Bestimmtheit zu wissen, ob ein Rückstrom in der Flüssigkeit existire oder nicht, und ob demgemäfs der im Schliefsdraht beobachtete Strom ein blofs partieller oder der volle der Säule sey, so schien es mir nicht überflüssig, die Hypothese des Hrn. De la Rive einer strengeren Prüfung zu unterwerfen, als sie bisher bestanden hat.

Zu einer solchen Prüfung bietet die Ohm'sche Theorie das sicherste Mittel dar. Diese Theorie ist an sich nicht unverträglich mit der De la Rive'schen Hypothese; aber indem wir sie mit dieser verknüpfen und die dann sich consequent ergebenden Folgerungen mit der Erfahrung vergleichen, können wir mit Bestimmtheit entscheiden, ob die erwähnte Hypothese zulässig sey oder nicht.

Zuvörderst ist wohl klar, dafs das, was Hr. De la Rive von der Säule annimmt, auch von der einfachen Kette angenommen werden mufs, und zweitens, dafs wenn in der Flüssigkeit dieser Kette ein Rückstrom vorhanden

1) Ann. Bd. XL. S. 522.

ist, auf diesen dieselben Grundsätze anwendbar seyn müssen, welche man, ohne das Daseyn eines solchen Rückstroms, auf einen Draht anzuwenden hätte, der in der Flüssigkeit die Platten verbände. Unter diesen Voraussetzungen, durch welche in Bezug auf die Wirkungen des Schliefsdrahts die De la Rive'sche Hypothese keine Veränderung erleidet, haben wir also drei Ströme zu betrachten, den Hauptstrom in der Flüssigkeit und die beiden Zweigströme in den die Platten verbindenden Drähten, dem Draht in der Flüssigkeit und dem aufserhalb derselben, dem gewöhnlichen Schliefsdraht. Bezeichnet man die Intensität des ersteren mit I', die des zweiten mit I'' und die des dritten mit I, so hat man für diese Ströme die Ausdrücke:

$$I' = \frac{k'(r+r'')}{rr'+rr''+r'r''}$$

$$I'' = \frac{k'r}{rr'+rr''+r'r''}$$

$$I = \frac{k'r''}{rr'+rr''+r'r''}$$

worin k' die elektromotorische Kraft der Kette, und r, r', r'', die den drei Intensitäten I, I', I'' entsprechenden Widerstände, gezählt von den Platten der Kette an.

Diese Formeln schliefsen an sich nichts Hypothetisches ein [1]), und was ihre Anwendbarkeit auf den vorliegenden Fall betrifft, so kann auch diese nach der gemachten Bemerkung keinem Zweifel unterworfen seyn. Sie erleiden jedoch noch eine Vereinfachung, da man offenbar nicht annehmen kann, dafs die Flüssigkeit in der einen Richtung eine andere Leitungsfähigkeit besitze als in der entgegengesetzten. Man mufs also dem, zur Erläuterung, in der Flüssigkeit vorausgesetzten Draht gleiche

1) Sie ergeben sich aus den Formeln Ann. Bd. LIV. S. 179, wenn man darin $k''=0$ setzt, lassen sich aber auch leicht nach den allgemein bekannten Grundsätzen der Vertheilung elektrischer Ströme unmittelbar entwickeln.

Leitungsfähigkeit oder gleichen Widerstand wie die Flüssigkeit beilegen, d. h. $r''=r'$ setzen, und geschieht diefs, so werden die Formeln:

$$I'=\frac{k'(r+r')}{(2r+r')r'}$$

$$I''=\frac{k'r}{(2r+r')r'}$$

$$I=\frac{k'r'}{(2r+r')r'}=\frac{k'}{2r+r'}.$$

Aus diesen Ausdrücken ergeben sich nun folgende Schlüsse. Gemäfs der De la Rive'schen Hypothese ist der wirkliche Strom in der Flüssigkeit $=I'-I''$ und, wie man sieht, ist diese Intensitätsdifferenz gleich der Intensität I im Schliefsdraht. Diefs stimmt mit dem allgemein bewährten Gesetz, dafs der Strom einer elektrischen Kette in jedem seiner Querschnitte gleiche Intensität besitzt. Auch kommt die dritte Formel in sofern mit der Erfahrung überein, als nach ihr die Intensität I im Schliefsdraht zu- oder abnimmt, so wie der Widerstand r' der Flüssigkeit kleiner oder gröfser wird.

In diesen beiden Folgerungen führt also die De la Rive'sche Hypothese zu keinem Widerspruch mit den Thatsachen. Allein anders verhält es sich, wenn man den von ihr angezeigten Werth der Intensität des Stroms im Schliefsdraht näher in Betracht zieht.

Nach der gewöhnlichen Ansicht, nach welcher in der Flüssigkeit der Kette nur ein einfacher Strom vorhanden ist, besitzt dieser, gleich wie der im Schliefsdraht, die Intensität:

$$J=\frac{k'}{r+r'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Nach Hrn. De la Rive wäre dagegen die letztere Intensität:

$$I=\frac{k'}{2r+r'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

also merklich kleiner. Diese Verschiedenheit bietet nun ein Mittel dar, über die Richtigkeit der De la Rive'schen Hypothese zu entscheiden.

Im ersten Augenblick könnte es scheinen, als brauchte man dazu nur die Intensität im Schliefsdraht einer Volta'schen Kette zu messen, und die gemessene Intensität mit der aus der einen oder anderen Formel berechneten zu vergleichen. Allein ein geringes Nachdenken zeigt, dafs ein solcher Vergleich nur dann möglich wäre, wenn man die Gröfsen k', r', r auf eine unabhängige Weise finden könnte. Da diefs aber nicht der Fall ist, man vielmehr die Gröfsen k', r', d. h. die elektromotorische Kraft der Kette und den Widerstand in deren Flüssigkeit, nur in Function des Widerstandes r des Schliefsdrahts zu bestimmen vermag, so ist diefs Mittel unanwendbar. Versuchte man, mit Hülfe der Ohm'schen Methode [1]), die Gröfsen k' und r' nach den beiden Formeln (1) und (2) zu bestimmen, so würde diefs weiter keinen Erfolg haben, als dafs man beide nach der zweiten Formel, also nach der De la Rive'schen Hypothese, doppelt so grofs fände, als nach der ersten [2]).

1) Vergl. Ann. Bd. LIV. S. 164.

2) Aus demselben Grunde kann hier das Problem vom Maximum der Stromstärke zu keiner Entscheidung führen, obwohl die Auflösung desselben, theoretisch betrachtet, verschieden ist, je nachdem man die eine oder andere Ansicht zum Grunde legt.

Gemäfs der Formel (1) würde nämlich, wie noch in den Ann. Bd. LV. S. 48. entwickelt worden, um mit einer gegebenen Plattenoberfläche und für einen gegebenen Widerstand r des Schliefsleiters, das Maximum der Stromstärke zu erlangen, die Plattenzahl n der zu erbauenden Säule so zu wählen seyn, dafs:

$$nr' = r;$$

nach Formel (2) erhielte man dagegen das Resultat:

$$nr' = 2r$$

Es müfste also die Säule, damit ihr Strom das Maximum der Stärke erreichte, nach der zweiten Ansicht den doppelten Widerstand des Schliefsdrahts gewähren, während nach der ersten nur der ein-

Das einzige Mittel, auf diesem Wege zum Ziele zu gelangen, wäre: dafs man den Strom einer Volta'schen Kette durch den einer magneto-elektrischen genau compensirte, und dann die elektromotorische Kraft eines jeden Stroms für sich nach der Ohm'schen Methode bestimmte, nämlich: die Kraft des Volta'schen Stroms mit Hülfe der Formel (2) und die des magneto-elektrischen Stroms, in dessen Kette offenbar kein Rückstrom angenommen werden kann, mit Hülfe der Formel (1). Elektrische Ströme, die einander aufheben, besitzen bekanntlich gleiche elektromotorische Kräfte; man müfste also, wäre die De la Rive'sche Hypothese richtig, durch das angezeigte Verfahren einen gleichen Werth für beide Kräfte erhalten, im entgegengesetzten Falle aber die Volta'sche Kraft doppelt so grofs finden, als die magneto-elektrische. Leider habe ich wegen Mangels einer magneto-elektrischen Maschine, wie sie hiezu erforderlich ist, nämlich einer solchen, die einen Strom von constanter und beliebig abzuändernder Intensität liefert, diesen interessanten Versuch nicht anstellen können.

Indefs ist dieser Versuch auch nicht nothwendig. Man kann auf einem andern Wege eben so sicher, und dazu viel einfacher zum Ziele gelangen. Dieser Weg wird ebenfalls von den Formeln (1) und (2) an die Hand gegeben.

Klar ist nämlich, dafs, wenn man r, den Widerstand des Schliefsdrahts, um eine gewisse Gröfse ϱ vermehrt, und r', den Widerstand in der Flüssigkeit, um dieselbe Gröfse ϱ vermindert, oder, umgekehrt, den ersten Widerstand um ϱ verringert, und letzteren um ϱ vergröfsert, diese Operation gemäfs der Formel (1), also gemäfs der gewöhnlichen Ansicht, keine Aenderung in der Intensität des Stroms hervorbringen darf, dagegen aber, nach der Formel (2), also nach der De la Rive'schen

fache erforderlich und hinreichend ist. Aber wie gesagt, ob dieser Schlufs richtig sey, ist nicht durch Messungen zu ermitteln.

Hypothese, im ersten Falle eine Schwächung, im letzteren eine Verstärkung der Intensität des Stroms zur Folge haben mufs. Man ersieht diefs leicht, wenn man die angezeigte Veränderung mit der Formel (2) vornimmt: sie wird alsdann:

$$I=\frac{k'}{2(r\pm\varrho)+(r'\mp\varrho)}=\frac{k'}{2r+r'\pm\varrho},$$

während J in der Formel (1) dadurch unverändert bleibt.

Die Anwendung dieses Verfahrens erfordert nur, dafs man die Widerstände r, r' um eine wirklich gleiche Gröfse ϱ vergröfsere oder verringere. Diefs kann nun offenbar nicht anders als durch eine Flüssigkeit geschehen, und zwar durch eine Strecke von derselben Flüssigkeit, welche bereits zwischen den Platten der Kette befindlich ist. Man hat also mittelst ein Paar homogener Platten eine Strecke dieser Flüssigkeit, von gleichem Querschnitt mit der zwischen den Erregerplatten, in den Schliefsdraht einzuschalten, und dann abwechselnd diese Strecke um ein Gewisses zu verlängern und zu verkürzen, während man zugleich die Flüssigkeit zwischen den Erregerplatten um eben so viel verkürzt oder verlängert. In der Flüssigkeit zwischen den homogenen Platten kann offenbar nur ein einfacher Strom vorhanden seyn, wie in dem Schliefsdraht selbst; mithin wird durch deren Einschaltung nichts in den obigen Schlüssen geändert. Bleibt nun bei eben erwähnter Verlängerung und Verkürzung die Intensität des Stroms ungeändert, so ist also die gewöhnliche Ansicht richtig, erleidet dagegen die Stromstärke eine Aenderung in dem angezeigten Sinne, so gilt dasselbe von der De la Rive'schen Hypothese, und es findet dann also wirklich ein Rückstrom in der Säule statt.

Ich habe mehre Reihen solcher Versuche mit aller Sorgfalt und Unpartheilichkeit angestellt, und zwar auf folgende Weise. Ich nahm zwei parallelopipedische Glaskasten, beiläufig von 6½ Zoll Länge, 1½ Zoll Breite und 4 Zoll Höhe, deren obere abgeschliffene Ränder durch

aufgeklebte Papierskalen in pariser Linien eingetheilt waren. Der eine Kasten diente zur Aufnahme der Erregerplatten, der andere zu der der homogenen Zwischenplatten. In den ersteren, an einem Ende, wurde ein mit Salpetersäure gefüllter Thoncylinder gestellt, und in diese Säure eine Platinplatte getaucht; der Rest des Kastens wurde mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, und in diese eine Platte von unamalgamirtem Zink gesteckt. Der zweite Kasten enthielt blofs verdünnte Schwefelsäure und zwei unamalgamirte Zinkplatten. Ein dünner Kupferdraht verband die positive Erregerplatte mit einer der Zwischenplatten, während die zweite und die Platinplatte mit der Sinusbussole verknüpft waren.

Ich habe diese Vorrichtung gewählt, um, was hier nöthig ist, sowohl die Polarisation der Zwischenplatten möglichst zu vermeiden, als auch einen Strom von genügender Beständigkeit zu erhalten. Beide Zwecke wurden dadurch, wenn auch nicht ganz scharf, doch wenigstens mit solcher Annäherung erreicht, dafs die Resultate der Messungen nicht zweifelhaft bleiben konnten.

Uebrigens waren die Platten sämmtlich einen Zoll breit und drittehalb Zoll tief in die Säuren eingetaucht. Sie befanden sich einzeln eingespannt in die kleinen, früher von mir beschriebenen Plattenhalter [1]), und konnten mittelst dieser und mittelst der Skale auf dem Rand des Kastens mit Bequemlichkeit und mindestens bis auf ein Achtel Linie genau in jeden erforderlichen Abstand gestellt werden. Die Salpetersäure war von 1,35 spec. Gew. Die verdünnte Schwefelsäure enthielt $\frac{1}{12}$, manchmal auch $\frac{1}{10}$ ihres Gewichts an concentrirter Säure.

Die Methode des Experimentirens war kurz die, dafs die Platinplatte und die negative Zwischenplatte, d. h. die, an welcher der Strom Wasserstoff entband, stets ihre Stelle unverändert behielten, die beiden positiven Zinkplatten aber dem Zwecke gemäfs verschoben wurden.

1) Ann. Bd. LII. S. 509.

In nachstehender Tafel sind die Resultate einiger auf diese Weise ausgeführter Versuche zusammengestellt. Der ursprüngliche Abstand der Platten von einander ist darin respective durch x und y bezeichnet. Dieser Abstand ward nicht gemessen, war auch nicht gleich, von einer Versuchsreihe zur andern, da es darauf nicht ankam; wohl aber sah ich sorgsam darauf, dafs er bei jeder Reihe unverändert blieb, oder seine Veränderungen genau gemessen wurden. Diese Veränderungen, welche in der zweiten und dritten Spalte der Tafel, respective für die Erreger- und die Zwischenplatten in par. Linien angegeben sind, dürfen wohl als bis auf $\frac{1}{8}$ Linie richtig bestimmt angesehen werden. Welchen Einflufs sie auf die Stromstärke des Systems ausübten, ersieht man aus der letzten Spalte der Tafel.

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der Erregerplatt.	Zwischenpl.	Stromstärke.
	Reihe I. Schwefelsäure mit $\frac{1}{40}$ conc. Säure.		
1.	x	y	$\sin 49^\circ\ 8' = 0{,}75623$
2.	$x - 6'''$	$y + 6'''$	$-\ 48\ 26 = 0{,}74818$
3.	x	y	$-\ 48\ 20 = 0{,}74705$
4.	$x + 6'''$	$y - 6'''$	$-\ 48\ 18 = 0{,}74664$
	Reihe II. Schwefelsäure mit $\frac{1}{25}$ conc. Säure.		
5.	x	y	$\sin 53^\circ 35' = 0{,}80472$
6.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	$-\ 53\ 42 = 0{,}80593$
7.	x	y	$-\ 53\ 55 = 0{,}80816$
8.	$x + 30$	y	$-\ 35\ 25 = 0{,}57952$
	Reihe III. Schwefelsäure mit $\frac{1}{25}$ conc. Säure.		
9.	x	y	$\sin 49^\circ\ 0' = 0{,}75471$
10.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	$-\ 47\ 55 = 0{,}74217$
11.	x	y	$-\ 49\ \ 5 = 0{,}75566$
12.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	$-\ 47\ 50 = 0{,}74120$
13.	x	$y + 30'''$	$-\ 33\ 15 = 0{,}54829$

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der Erregerplatt.	Zwischenpl.	Stromstärke.
	Reihe IV. Schwefelsäure mit $\frac{1}{13}$ conc. Säure.		
14.	x	y	$\sin 38^\circ\ 0' = 0{,}61566$
15.	$x + 36'''$	$y - 36'''$	- 38 43 = 0,62547
16.	x	y	- 37 35 = 0,60991
17.	$x + 36'''$	y	- 26 40 = 0,44880
	Reihe V. Schwefelsäure mit $\frac{1}{13}$ conc. Säure.		
18.	x	y	$\sin 45^\circ\ 5' = 0{,}70813$
19.	$x + 42'''$	$y - 42'''$	- 44 38 = 0,70257
20.	x	y	- 44 30 = 0,70091
21.	$x + 42'''$	$y - 42'''$	- 45 13 = 0,70978
22.	x	y	- 43 54 = 0,69310
23.	$x + 42'''$	y	- 28 24 = 0,47562

Die Strecke, um welche die Flüssigkeit zwischen den Platten beider Zellen respective verlängert und verkürzt wurde, betrug, wie man sieht, bei der ersten Reihe 6 par. Linien, bei der zweiten und dritten 30, bei der vierten 36, und bei der fünften 42 Linien. Die den Widerständen r und r' respective hinzugefügte und entzogene Gröfse ϱ war also, besonders in den vier letzten Versuchsreihen, eine ganz bedeutende; aber dennoch schwankten in allen Versuchen, in denen bei diesen Verschiebungen die Summe der Abstände zwischen den Platten unverändert blieb, die Stromstärke so wenig, dafs man die Unterschiede nur Beobachtungsfehlern oder zufälligen Umständen zuschreiben kann.

Es legen demnach diese Messungen einen, wie ich glaube, vollgültigen Beweis dafür ab, *dafs in der Volta'schen Säule kein solcher Rückstrom existirt, wie Hr. De la Rive voraussetzt.*

Die kleinen Schwankungen, welche man in den Intensitäten erblickt, haben ihren Grund zuvörderst darin, dafs es mir unter den angegebenen Umständen nicht ge-

lang, einen ganz constanten Strom zu erhalten. Immer zeigte derselbe, auch wenn die Stellung der Platten nicht verändert wurde, eine Neigung zur Abnahme, sey es nun, dafs ungeachtet des ziemlich lebhaften Angriffs der Säure auf die Zwischenplatten, diese dennoch einen gewissen Grad von Polarisation annahmen oder sie durch das an ihrer Oberfläche sich bildende Oxyd den Widerstand vermehrten. Dieses Umstandes wegen, beschränkte ich mich bei jeder Reihe, die übrigens immer mit frisch gescheuerten Zinkplatten und gewöhnlich auch mit frischer Säure angefangen wurde, auf die Messungen, die in den ersten 10 oder 15 Minuten ausgeführt werden konnten.

Ich hatte indefs dazu noch einen zweiten Grund. Je länger ich nämlich eine Reihe von Messungen fortsetzte, desto deutlicher stellte sich eine regelmäfsige, zwar nicht bedeutende, aber doch ganz merkbare Ungleichheit in der Stromstärke heraus, in der Weise, dafs sie in den Fällen, wo das ϱ für r' additiv war, d. h. der Abstand der Erregerplatten eine Vergröfserung, und der der Zwischenplatten eine gleiche Verringerung erlitten hatte, sich beständig etwas gröfser erwies, als in den umgekehrten Fällen. Man sieht diefs in der Tafel besonders aus den Versuchen 9 und 11, verglichen mit denen 10 und 12, ferner aus dem Versuche 15, verglichen mit 14 und 16; und solcher Beispiele hätte ich noch mehre mittheilen können.

Diese Unterschiede schlagen allerdings nach einer für die De la Rive'sche Hypothese günstigen Seite hin, denn zufolge dieser Hypothese mufs die Stromstärke wachsen, wenn man, statt r und r', setzt: $r-\varrho$ und $r'+\varrho$. Es ist indefs bald einzusehen, dafs erwähnte Unterschiede in diesem Bezuge keine Beachtung verdienen, denn erstlich sind sie viel zu klein, als dafs sie der Hypothese des Genfer Physikers eine wahrhafte Stütze gewähren könnten, und zweitens haben sie auch, wie gleich gezeigt werden soll, einen andern, sehr natürlichen Grund.



Wie wenig [illegible] für sich. [illegible] lassen mag [illegible] Flüssigkeit [illegible] Austausch [illegible]

[illegible] den gewöhnlichen [illegible] Falle $(r-\varrho)+(r'+\varrho)$ [illegible] $+(r'-\varrho)$.

[illegible] richtig sey, ergiebt sich zur [illegible] Versuchsreihe, verglichen mit der [illegible] Reihe zeigte die erwähnten Un- [illegible] Maafse, besonders in ihrem [illegible] den ich nicht mitgetheilt habe. Ich [illegible] daher, nahm die Platten heraus, mischte [illegible] der einen Zelle wohl mit der der an- [illegible] beide wieder eine vollkommen gleiche Zu- [illegible] bekämen, und stellte darauf die Platten [illegible]ein. Von den nun gemachten Messungen, [illegible] in der Tafel als fünfte Reihe aufgeführt sind, besonders die ersteren, die erwähnten Unter-

schiede in der Stromstärke nicht mehr, oder in weit geringerem Grade [1]).

Ein letzter Beweis, daſs diese Unterschiede nur dem angegebenen Umstande ihre Entstehung verdanken, geht aus den Versuchen 8, 13, 17, 23 hervor. Bei diesen wurde der Abstand der einen Platten (der Erregerplatten, auſser bei No. 8.) um respective 30, 36, 42 Linien vergröſsert, ohne daſs in dem Abstand der andern Platten eine entsprechende Verringerung stattfand. Welch bedeutenden Einfluſs diese Veränderung, die nach beiden Ansichten eine Vergröſserung des Gesammt-Widerstandes bewirken muſste, wirklich auf die Stromstärke ausübte, ist zur Genüge aus der Tafel ersichtlich; eine nahezu eben so groſse, nur entgegengesetzte Veränderung, d. h. Zunahme, hätte aber die Stromstärke in den Versuchen 5, 7, 9, 11, 15, 17, 19, 21 zeigen müssen, wenn die De la Rive'sche Hypothese begründet wäre.

So überzeugend die bisher angeführten Versuche gegen diese Hypothese sprechen, so thun sie doch solches

1) Kleine Unterschiede in der Stromstärke, bei ungeänderter Summe der Abstände zwischen den Platten, können auch daraus entsprungen seyn, daſs die Platten nicht die volle Breite der Glaskasten besaſsen und auf ihrer Rückseite nicht durch einen Firniſs gegen die Berührung mit der Flüssigkeit geschützt waren. Dadurch muſste natürlich eine Ausbreitung des Stroms in der Flüssigkeit zur Seite und nach hinten hin stattfinden, und der Widerstand der Flüssigkeit nicht, wie vorausgesetzt würde, genau proportional seyn dem Abstande der Platten, dividirt durch die Gröſse ihres eingetauchten Theils. Es muſste diese Ausbreitung um so mehr einigen Einfluſs auf die Stromstärke in den verschiedenen Versuchen ausüben können, als sie, wegen Ungleichheit der Gröſsen x und y, d. h. der ursprünglichen Abstände zwischen den Platten beider Paare, nicht ganz gleich war, und deſshalb auch ihr Einfluſs, nach den Verschiebungen, ungeachtet der gleichgelassenen Summe der Abstände, nicht ganz gleich bleiben konnte. Indeſs konnte dieser Einfluſs oder der Unterschied der Einflüsse, die dieserhalb, von beiden Glaskasten aus, die Stromstärke des Systems erlitt, immer nur gering seyn, — und deſshalb schien es auch, in Betracht der anderweitigen Fehlerquellen, nicht erforderlich, besondere Vorkehrungen zur Entfernung derselben zu treffen.

nur indirect. Geradezu beweisen sie nur die Richtigkeit der gewöhnlichen Ansicht von der Constitution des Volta'schen Stroms, indem sie darthun, dafs, wenn man die Widerstände r und r' in $r \pm \varrho$ und $r' \mp \varrho$ übergehen läfst, die Stromstärke ungeändert bleibt.

Es ist indefs sehr leicht, die Versuche so einzurichten, dafs sie einen directen Beweis von der Unrichtigkeit der De la Rive'schen Hypothese gewähren. Dazu bedarf es weiter nichts, als dafs man die Widerstände r und r' in $r \pm \frac{1}{2}\varrho$ und $r' \mp \varrho$ verwandelt. Dann mufs nach eben genannter Hypothese die Stromstärke ungeändert bleiben, da:

$$I = \frac{k'}{2(r \pm \frac{1}{2}\varrho) + (r' \mp \varrho)} = \frac{k'}{2r + r'},$$

während die gewöhnliche Ansicht für diesen Fall eine bedeutende Aenderung in dieser Stärke verlangt.

Die folgenden, dem Zwecke gemäfs eingerichteten, sonst aber ganz wie früher angestellten Versuche werden zeigen, welche der beiden Ansichten die Erfahrung für sich hat.

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der Erregerplatt.	Gegenseitiger Abstand der Zwischenpl.	Stromstärke.
1.	x	y	sin 37°58' = 0,61520
2.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 55 8 = 0,82048
3.	x	y	- 39 4 = 0,63022
4.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 56 27 = 0,83340
5.	x	y	- 40 2 = 0,64323
6.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 57 35 = 0,84417
7.	x	y	- 40 24 = 0,64812
8.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 57 55 = 0,84728

Man sieht, eine Verschiebung der positiven Erregerplatte um 48 Linien, combinirt mit einer halb so grofsen Verschiebung der positiven Zwischenplatte in entgegengesetzter Richtung, liefs keineswegs die Stromstärke un-

ungeändert, wie es die Hypothese des Hrn. De la Rive verlangt, sondern war von einem so überwiegenden Einflufs auf dieselbe, dafs dagegen die kleinen Unsicherheiten, die aus nicht völliger Constanz des Stroms (der, wie zu ersehen, hier ein etwas steigender war) oder aus der Vermischung der Säuren in der Erregerzelle entspringen, gar nicht in Betracht kommen.

Diese Versuche liefern demnach den directesten und unzweideutigsten Beweis gegen das Daseyn eines Rückstroms in der Volta'schen Säule.

Aufser der so eben, ich glaube genügend, widerlegten Hypothese macht Hr. De la Rive noch eine zweite verwandter Art, die man leicht mit der ersten verwechseln kann, und wohl auch manchmal verwechselt hat. Es ist die: dafs immer ein mehr oder weniger grofser Theil der angeblich durch Auflösung des positiven Metalls entwickelten oder getrennten Elektricitäten sich an der Oberfläche dieses Metalls unmittelbar wieder vereinige, also nichts zum Strome beitrage. Mit dieser, im Grunde mit der Faraday'schen von localer chemischer Action zusammenfallenden Hypothese habe ich nicht die Absicht, mich in gegenwärtigem Aufsatz zu befassen, eben so wenig ich hier zu entscheiden Willens bin, ob aus der Nicht-Existenz des Rückstroms ein Argument gegen die sogenannte chemische Theorie hergenommen werden könne. Ich erlaube mir nur zu bemerken, dafs beide Hypothesen, angenommen selbst sie wären gegründet, weder für noch wider die Lehre vom chemischen Ursprung der Volta'schen Elektricität etwas zu beweisen vermögen, da kein Grund vorhanden ist, warum man sie nicht auch, wenn es nöthig seyn sollte, mit der Lehre vom Contacte verbinden könnte. Glücklicherweise bedarf aber diese Lehre weder der einen noch der andern.

II. *Ueber die Mittel zur Erhöhung der Empfindlichkeit eines Galvanometers.*

Verschiedene Physiker, die, wie es scheint, als erste Tugend eines Galvanometers die Empfindlichkeit betrachten, d. h. die Fähigkeit schon unter der Wirkung eines schwachen Stroms einen sehr großen Ausschlag zu geben, haben sich neuerdings bemüht, Mittel aufzufinden, um dieses Ziel vollkommner als bisher zu erreichen. So unter andern hat Melloni in einem längeren Aufsatze (*Archiv. de l'électr. No. 3, p.* 656.) vorgeschlagen, die unvollkommene Astasie einer Doppelnadel durch zweckmäßige Näherung eines neben das Instrument gelegten horizontalen Magnetstabes zu verbessern, und Péclet hat zu gleichem Zweck seinem Galvanometer die Einrichtung gegeben, daß über dem System der beiden entgegengesetzt gerichteten Nadeln, und mit demselben fest verbunden, eine dritte Nadel an demselben Faden hängt, die, gleich einer Inclinationsnadel, um eine horizontale Axe gedreht, und an einem getheilten Kreise unter beliebigen Winkel geneigt werden kann (*Ann. de chim. Ser. III. T. II, p.* 103). Was das erstere Mittel betrifft, so ist es bei einfachen Nadeln längst in Deutschland angewandt worden, und das letztere erinnert mich an dasjenige, welches ich zuweilen bei der Sinusbussole benutzt habe. Ich lege nämlich, ehe die Nadel abgelenkt wird, einen Magnetstab auf das Instrument, solchergestalt, daß zwar die Richtkraft der Nadel geschwächt, nicht aber ihre Richtung geändert wird. Nach Ablenkung der Nadel, d. h. nach vollzogener Drehung des Instruments und Wiedereinstellung der Nadel auf den Nullpunkt des Limbus, hat diese genau dieselbe Lage zum Stab wie vorhin, und es ist so gut, wie wenn

dieser fest mit der Nadel verbunden war. Durch zweckmäfsige Legung des Stabes kann man jeden beliebigen Grad von Astasie hervorbringen. — Gerade bei sehr schwachen Strömen ist übrigens der von mir i. J. 1826 vorgeschlagene (Ann. Bd. VII. S. 121.) und später von Gaufs und Weber vervollkommnete Spiegel-Apparat jedem Galvanometer bei weitem vorzuziehen; denn 1) ist er ungleich empfindlicher, da er die Ablenkungen bis zu Sekunden angiebt, 2) hat seine Skale dabei noch einen bedeutenden Umfang, während die des Galvanometers bei grofser Empfindlichkeit sehr klein ist, und 3) gewährt er eine genaue Messung der Intensität des Stroms. Während diefs bei uns längst allgemein anerkannt ist, scheint, sonderbar genug, der Apparat in Frankreich noch immer ganz unbekannt zu seyn. *P.*

III. *Ueber die Berücksichtigung der Temperatur bei Vergleichung der specifischen Volume;*

von Hermann Kopp,
Privatdocenten der Physik und Chemie zu Giefsen.

Man nimmt an, dafs bei Verbindung zweier nicht gasförmigen Körper zu einer eben solchen Verbindung fast immer eine Aenderung in der Gröfse des erfüllten Raums eintritt, da man durch den Versuch das specifische Volum der entstehenden Verbindung fast nie der Summe der specifischen Volume der Bestandtheile gleich findet. Um über die Gröfse dieser Raumsveränderung Aufschlufs zu erhalten, legt man meist die Angaben der spec. Gewichte so zu Grunde, wie sie der Versuch unmittelbar gegeben hat; um genauere Resultate zu erhalten, reducirt man auch alle spec. Gewichte, der Bestandtheile sowohl als der entstehenden Verbindung, auf eine und dieselbe Temperatur.

Untersucht man auf diese Weise, so stellen sich gewisse Regelmäfsigkeiten heraus, deren Existenz sich nicht in Zweifel ziehen läfst. Doch finden wir bei der Vereinigung von flüssigen Körpern zu flüssigen Verbindungen oder von festen Körpern zu festen Verbindungen nie so einfache Verhältnisse zwischen dem Volumen der Bestandtheile und dem Volum der Verbindung, als diefs bei der Vereinigung gasförmiger Körper zu gasförmigen Verbindungen beobachtet wird. Bei den letztern tritt entweder gar keine Condensation ein, oder Condensation in einfachen Verhältnissen; bei den erstern finden wir solche einfache Verhältnisse nie, obgleich sich Gesetzmäfsigkeiten offenbaren, die sich weit verfolgen lassen, und mit grofser Gewifsheit viele Vorausbestimmungen gestatten. — Die Frage bleibt: worin liegt die Ursache, dafs z. B. zwei flüssige Körper bei ihrer Vereinigung zu einer Flüssigkeit Condensation zeigen, während für den gasförmigen Zustand dieselben Körper sich ohne Condensation vereinigen?

Die Antwort auf diese Frage scheint mir folgende zu seyn: bei solchen Körpern findet auch bei der Vereinigung im tropfbar flüssigen Zustande keine Condensation statt; das Statthaben der Condensation ist nur scheinbar, weil wir die Dichtigkeiten der Bestandtheile und der entstehenden Verbindung bei anderen Temperaturen vergleichen, als wofür die Vergleichung statthaft ist.

Dieser Satz erscheint auffallend, und in der That liegen noch nicht genug experimentelle Beweise vor, um ihn als durch die Erfahrung vollständig begründet ansehen zu dürfen; er erscheint mir indefs aus theoretischen Gründen sehr wahrscheinlich, und bestätigt sich, wo bis jetzt eine Prüfung an Versuchen möglich ist. Das einzige Beispiel, wo diefs der Fall ist, ist der Alkohol, den wir als aus Aether und Wasser zusammengesetzt betrachten.

Ein Aequivalent Alkohol besteht aus Einem Aequivalent Aether und Einem Aequivalent Wasser. Im Gas-

zustand vereinigt sich das Volum von Einem Aequivalent Aether mit dem Volum von Einem Aequivalent Wasser, ohne dafs eine Raumsveränderung eintritt; das Volum Eines Aequivalents Alkohol ist durch die Summe der Volume seiner Bestandtheile gegeben.

Betrachten wir dieselben Körper im tropfbar flüssigen Zustand, so scheint allerdings nicht mit derselben Einfachheit das Volum der Verbindung aus den Volumen der Bestandtheile sich ableiten zu lassen.

Aus den Atomgewichten (es ist für diesen Zweck einerlei, nach welchem Atomgewicht der Kohle man rechnet; den folgenden Zahlen liegt die Bestimmung von Liebig und Redtenbacher zu Grunde) des Aethers, Wassers und Alkohols, und den Beobachtungen des spec. Gewichts durch Gay-Lussac:

Aether:	Atomgewicht	465,8;	spec. Gew. 0,724	bei 12°,5
Wasser	- -	112,5;	- - 1	
Alkohol	- -	578,3;	- - 0,79235	bei 17°,8

ergiebt sich:

das Volum von 1 Aequivalent Aether bei 12°,5 = 643,4
\- - - - - Wasser = 112,5

Summa = 755,9

und durch diese Summe müfste, der gewöhnlichen Ansicht zufolge, das Volum von Einem Aequivalent Alkohol bei 12°,5 ausgedrückt seyn, wofern, ähnlich wie im gasförmigen Zustand, auch im tropfbarflüssigen der Alkohol aus Aether und Wasser ohne Condensation zusammengesetzt wäre. — Diefs ist aber nicht der Fall, und man nimmt Contraction an, denn das Volum von Ein Aequivalent Alkohol ist bei 12°,5 nicht 755,9, sondern es ist kleiner; bei 17°,8 ist es nur 729,9, und also wird es bei 12°,5 noch mehr von der Summe der spec. Volume der Bestandtheile abweichen.

Je nachdem man die Vergleichung des spec. Volums einer Verbindung mit der Summe der Volume der Be-

standtheile bei verschiedenen Temperaturen durchführt, erhält man für die Contraction verschiedene Gröfsen. Bei welcher Temperatur soll man nun eigentlich die Vergleichung vornehmen? Aber wenn die Wärme überhaupt einen Einflufs auf das Resultat ausübt, welches Recht hat man, Flüssigkeiten, die durch die Wärme verschieden afficirt werden, welche dieselben Erscheinungen bei *verschiedenen* Temperaturen zeigen, bei *Einer* Temperatur zu vergleichen?

Eine Vergleichung der spec. Volume solcher verschiedenen Flüssigkeiten ist offenbar nur bei verschiedenen Temperaturen statthaft, bei solchen Temperaturen nämlich, wo die Wärme auf die verschiedenen Flüssigkeiten gleiche Wirkung ausübt. Die Vergleichung wird also statthaft seyn, wenn wir die verschiedenen Flüssigkeiten bei solchen Temperaturen betrachten, wo die Spannkraft ihrer Dämpfe gleich ist, wenn wir die spec. Volume z. B. bei den Siedpunkten (den Temperaturen für die Spannkraft Einer Atmosphäre) vergleichen.

Sobald wir nach diesen Principien verfahren, ändern sich sogleich unsere Begriffe über die Contraction, die wir bei dem Alkohol als aus Wasser und Aether zusammengesetzt nach der bisherigen Betrachtungsweise hegten. Es ergiebt sich nämlich alsdann, dafs in dem Alkohol der Aether und das Wasser (alles im flüssigen Zustande gedacht) *ohne* Condensation enthalten sind.

Nach Gay-Lussac ist für 0m,76 Barometerstand:

der Siedpunkt des	Aethers bei	35°,7
- - -	Wassers -	100
- - -	Alkohols -	78 ,4

Gay-Lussac hat zugleich die Zusammenziehung dieser Substanzen (durch Erkältung vom Siedepunkt abwärts) untersucht; seine Resultate stimmen mit denen späterer Experimentatoren überein. Hiernach, wenn wir die oben gegebenen Bestimmungen für die spec. Volume bei niederen Temperaturen zu Grunde legen, ist:

das spec. Volum des Aethers bei $35^{\circ},7 = 668$
" " " Wassers " $100 = 117$
Summa 785

das spec. Volum des Alkohols bei $78^{\circ},4 = 782$

in beinahe vollkommener Uebereinstimmung, wonach also für den flüssigen Zustand im Alkohol die näheren Bestandtheile ohne Condensation enthalten sind, genau eben so, wie für den gasförmigen.

Die Uebereinstimmung kann vollkommen genannt werden, denn die Differenz liegt innerhalb der Gränzen der Unsicherheit unserer Kenntnisse über die spec. Gewichte, über die Ausdehnung durch die Wärme und über die Siedpunkte der dabei in Betracht kommenden Flüssigkeiten.

Berechnen wir z. B. (nach der Annahme, dafs für Temperaturen, wobei gleiche Spannkraft der Dämpfe stattfindet, im Alkohol die Bestandtheile ohne Condensation verbunden sind) das spec. Volum des Aethers, indem wir das des Alkohols und des Wassers als durch das Experiment bekannt annehmen, so finden wir es nach dem Obigen für $35^{\circ},7 = 782 - 117 = 665$, entsprechend einem spec. Gewicht $= 0,70015$ für diese Temperatur. Hieraus und aus Gay-Lussac's Bestimmung der Verdichtung beim Erkalten findet man das spec. Gewicht $= 0,727$ bei $12^{\circ},5$. Gay-Lussac bestimmte es für diese Temperatur $= 0,724$, Muncke für $12^{\circ} = 0,733$. Also giebt die Annahme ein mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmendes Resultat.

Es ist natürlich, dafs diese Uebereinstimmung nicht allein für die Temperaturen, wobei die Spannkraft der Dämpfe $0^{m},76$ beträgt, stattfindet, sondern überhaupt für alle Temperaturen, wobei die Spannkraft der Dämpfe gleich ist. Solche Temperaturen können wir *correspondirende* nennen. Es ist zwar die Spannkraft des Aetherdampfs und des Alkoholdampfs nur ziemlich unvollkom-

men untersucht, aber es läfst sich doch mit Sicherheit auch für geringere Spannkräfte das Statthaben der fraglichen Uebereinstimmung nachweisen.

Die Spannkraft 0^m,313 haben die Dämpfe des Aethers nach Gay-Lussac bei 15°, nach Schmidt bei 16°,5; wir wollen im Mittel 16° annehmen.

Diese Spannkraft hat der Wasserdampf bei 77°.

Weingeist (vom spec. Gewicht 0,813) hat dieselbe Spannkraft bei 57° (Ure); reiner Alkohol wird sie also bei einer etwas niedrigeren Temperatur haben, ohne dafs indefs die Differenz bedeutend seyn kann, da die Siedpunkte des Weingeistes vom angegebenen spec. Gewicht und des reinen Alkohols auch nur sehr unbedeutend von einander abweichen.

Es ist aber aus den obigen Bestimmungen und Gay-Lussac's Angaben für die Ausdehnung:

das spec. Volum des Aethers bei 16° = 647
- - - - Wassers - 77 = 115
- - - - Alkohols - 57 = 762

und wir finden also auch hier wieder vollkommene Uebereinstimmung.

Es ist im Vorstehenden für Aether, Wasser und Alkohol ein äufserst einfacher Zusammenhang, was die Gröfse des spec. Volums bei correspondirenden Temperaturen angeht, dargethan; zwischen dem Atomgewicht, der Dichtigkeit, der Ausdehnung durch die Wärme und der Expansionskraft ist ein Zusammenhang nachgewiesen, der höchst wahrscheinlich für alle analogen Fälle stattfindet; der eine Controle der Versuche über diese physikalischen Eigenschaften abgiebt, und die Vorausbestimmung Einer derselben gestattet, wenn die anderen gegeben sind.

Es dürfte danach scheinen, als ob die Körper im flüssigen Zustand, für correspondirende Temperaturen betrachtet, bei ihrer Verbindung Condensationsgesetzen folgen, welche den im Gaszustand wahrgenommenen ent-

sprechen, woraus weiter hervorginge, dafs wenn wir bisher Contractionen zu beobachten glaubten, die mit dieser Vermuthung im Widerspruch stehen, diefs davon herrührt, dafs die Vergleichung der spec. Volume bei *derselben* Temperatur, und nicht, wie es doch eigentlich seyn sollte, bei *correspondirenden* vorgenommen wurde. Die Vergleichung der specifischen Volume bei derselben Temperatur hat indefs auch Gesetzmäfsigkeiten erkennen lassen, deren Existenz aufser Zweifel gesetzt ist; es mufs also ein bedingender Zusammenhang zwischen den letztern Gesetzmäfsigkeiten und denjenigen bestehen, die für correspondirende Temperaturen gefunden werden. Es liegen noch zu wenig geeignete Fälle vor, um diesen Zusammenhang nachweisen zu können; jedenfalls läfst sich jede Art dieser Gesetzmäfsigkeiten für's erste selbstständig untersuchen, und ihre genaue Erkenntnifs, schon an sich sehr wichtig, kann zugleich als Vorarbeit für die spätere Aufsuchung des fraglichen Zusammenhanges betrachtet werden. Die Untersuchungen über die Contraction, die bei der Vereinigung verschiedener Bestandtheile von derselben Temperatur eintritt, über die Art, wie wir uns die Volumconstitution der Verbindungen, und die Relationen zwischen den spec. Volumen analoger Verbindungen bei nahe derselben Temperatur vorzustellen haben, verlieren also nicht im geringsten an Wichtigkeit, wenn auch für correspondirende Temperaturen einfachere Condensationsgesetze nachgewiesen werden; sie gewinnen im Gegentheil noch an Interesse, da sie die Erkenntnifs eines nothwendigen allgemeinen Zusammenhanges vorbereiten.

Die Betrachtung der spec. Volume bei correspondirenden Temperaturen führt zu noch einigen Resultaten, auf welche ich hier aufmerksam machen will. Beiläufig will ich bemerken, dafs für Flüssigkeiten correspondirende Temperaturen alsdann gleichweit vom Siedpunkt abstehende sind, wenn die in Betracht kommenden Flüs-

sigkeiten hinsichtlich der Expansionskraft ihrer Dämpfe dem Dalton'schen Gesetze sich anschliefsen. Wo die Expansionskraft nicht besonders untersucht ist, wird man zur Vermeidung gröfserer Unrichtigkeiten gleich weit vom Siedpunkt abstehende Temperaturen als correspondirende betrachten, um mindestens annähernde richtige Resultate zu erhalten, wo es nöthig erscheint, die spec. Volume bei correspondirenden Temperaturen zu vergleichen.

Das letztere ist z. B. nöthig, wenn man über die absolute Gleichheit des spec. Volums bei verschiedenen Substanzen von sehr verschiedenem Siedpunkt aburtheilen will. So habe ich darauf aufmerksam gemacht, dafs Jod, Brom und Chlor gleiches spec. Volum besitzen. Die darüber vorliegenden Beobachtungen bestätigen diese Annahme, aber nicht in aller Strenge; sie ergeben kleine Differenzen, die indefs, wie sich gleich zeigen wird, statt haben müssen. Nach Beobachtungen, die bei mittlerer Temperatur oder einer nur wenig davon abweichenden angestellt sind, ist:

	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Jod	= 4,95	Gay-Lussac	= 789,15	= 159,49
Brom	= 2,99	Löwig	= 489,15	= 163,60
Chlor	= 1,33	Faraday	= 221,33	= 166,42

und wir haben ungleiche spec. Volume, aus dem Grund, weil die Vergleichung nicht bei richtigen Temperaturen vorgenommen ist. Das gefundene spec. Volum ist bei dem Körper am gröfsten, dessen Siedpunkt am niedrigsten liegt; die Reihe, in welcher die spec. Volume zunehmen, ist genau die, in welcher sie zunehmen müssen, wenn unsre Annahme richtig ist, dafs für diese Körper Gleichheit des spec. Volums bei correspondirenden Temperaturen statt hat. Lassen wir die Bestimmung des spec. Volums des Broms ungeändert, so müfste das des Jods bei viel höherer, das des Chlors bei viel niedrigerer Tem-

peratur damit verglichen werden; es würde sich alsdann Gleichheit des spec. Volums herausstellen.

Etwas ganz ähnliches ist zu berücksichtigen, wenn wir die spec. Volume *fester* Körper mit einander vergleichen. Für diese haben wir als correspondirende Temperaturen solche zu betrachten, die vom Schmelzpunkte gleich weit abstehen.

Die Gleichheit der spec. Volume von Kupfer, Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel hat bei mittlerer Temperatur nicht in aller Strenge statt; um nur die am genausten untersuchten Metalle zu berücksichtigen, ist das spec. Volum des Kupfers etwas gröfser als das des Eisens.

	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Reines Eisen	7,6	Broling	339,2	44,6
	7,8	Broling		43,5
	7,79	Karsten		43,5
Reines Kupfer	8,72	Karsten	395,7	45,4
gegossen	8,83	Berzelius		44,8
gehämmert	8,96	Berzelius		44,2

Diefs *mufs* der Fall seyn, wenn es wahr ist, dafs Gleichheit des spec. Volums bei diesen Metallen für correspondirende Temperaturen statt hat, denn der Schmelzpunkt des Eisens liegt viel höher als der des Kupfers; man mufs das spec. Volum des Eisens für bedeutend hohe Temperatur nehmen, wenn man es mit dem des Kupfers bei mittlerer Temperatur vergleichen will; es wird alsdann vollkommene Gleichheit der spec. Volume sich herausstellen.

Die Gleichheit des spec. Volums findet für diese Metalle ohne Zweifel bei allen correspondirenden Temperaturen statt; die Ausdehnung mufs also bei beiden Metallen gleich grofs seyn, aber wohlgemerkt für *correspondirende* Temperaturintervalle, die also gleich weit vom Schmelzpunkt abstehen. Für Temperaturintervalle bei *denselben* Wärmegraden, z. B. von 0 bis 100°, kann diese Gleichheit der Ausdehnung nicht vorhanden seyn,

denn die Metalle bekommen mit zunehmender Hitze ein zunehmendes Ausdehnungsvermögen. Das Eisen mufs, wenn unsre Betrachtungen richtig sind, sich weniger ausdehnen als das Kupfer, bei denselben Wärmegraden, denn der Schmelzpunkt des erstern liegt viel höher als der des letztern.

Man sieht leicht, wie die bekannte Ausdehnung des Kupfers bei mittlerer Temperatur dazu dienen kann, die unbekannte des Eisens bei viel höherer mit Genauigkeit zu berechnen, wenn die Schmelzpunkte beider Metalle genau bestimmt sind. Sei a der Ausdehnungscoëfficient des Kupfers für das Temperaturintervall 0° bis 100°, der Schmelzpunkt des Eisens $T°$ und der Schmelzpunkt des Kupfers $t°$, so ist auch a der Ausdehnungscoëfficient des Eisens für das Temperaturintervall $(T-t)°$ bis $(T-t+100)°$. — Umgekehrt ist die Differenz der Temperaturintervalle, in welchen solche Metalle gleiche Ausdehnung besitzen, auch die Differenz ihrer Schmelzpunkte.

Wir betrachteten eben einen Fall, wo zwei Metalle von gleichem spec. Volum doch scheinbar ungleiches Ausdehnungsvermögen defshalb besitzen, weil ihre Schmelzpunkte sehr verschieden sind. Wir wollen nun als Gegensatz zwei Metalle nehmen, die auch gleiches spec. Volum besitzen, und deren Schmelzpunkte nicht von einander verschieden sind, oder doch verhältnifsmäfsig nur so wenig, dafs die Verschiedenheit nicht von grofsem Einflufs seyn kann. — Diese müssen für dieselben Temperaturintervalle gleiches Ausdehnungsvermögen besitzen. — Dahin gehören Platin und Palladium. Das spec. Volum dieser beiden Metalle ergeben die Beobachtungen als gleich:

	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Platin	21,0	Borda	1233,3	58,7
	21,45	Berzelius		57,5
	21,53	Wollaston		57,3
	23,54	Cloud		52,4



	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Palladium	10,92	Breithaupt	665,8	60,9
	11,3	Wollaston		58,8
	12,1	Vauquelin, Lowry		55,0

Ich setze das spec. Volum beider Metalle = 57. Ihr Schmelzpunkt wird von Clarke und Vauquelin übereinstimmend angegeben; indessen bleibt bei so hohen Temperaturen einige Unsicherheit. Die Ausdehnungsvermögen beider Metalle sind bei beiden Metallen indeſs fast gleich, wie es nach den angeführten Daten und unseren Betrachtungen seyn muſs. Die lineare Ausdehnung des Platins von 0 bis 100° beträgt nach Borda 0,00086, nach Daniell 0,00088, nach Dulong u. Petit 0,00098, nach Troughton 0,00099. Es stimmt dieſs mit Wollaston's für die lineare Ausdehnung des Palladiums, = 0,001 etwa, so genau überein, daſs man die Abweichung für einen Versuchsfehler halten könnte, was ein weiterer Beweis für die Coincidenz der Schmelzpunkte dieser Metalle wäre. Die sinnreiche Methode, mittelst welcher Wollaston die Ausdehnung des Palladiums durch die Wärme bestimmt hat, ergab indeſs deutlich, daſs die Ausdehnung dieses Metalls etwas gröſser ist als die des Platins, und mit derselben Sicherheit, womit dieſs bestimmt ist, ergiebt sich auch nun, daſs der Schmelzpunkt des Palladiums etwas tiefer liegen muſs, als der des Platins.

Wir wollen diese Betrachtungen ausdehnen auf solche Metalle, die *nicht* gleiches spec. Volum besitzen. — Das spec. Volum des einen Metalls ist V, das des andern V_1; ist die Differenz $V - V_1$ constant?

Man kann diese Frage nur bejahen, so weit sich theoretisch darüber entscheiden läſst. Die Differenz zweier spec. Volume einfacher Körper muſs für verschiedene, aber *correspondirende* Temperaturen gleich seyn.

Wir wollen nun sehen, in wiefern die Erfahrung diese Schluſsfolge bestätigt. (Die Zahlen für die spec.

Volume, welche in dem Folgenden angeführt sind, entlehne ich aus meinem Schriftchen: Ueber das spec. Gewicht der chemischen Verbindungen (Frankfurt, 1841), wo sich die beobachteten Dichtigkeiten angegeben finden, aus welchen die hier gebrauchten Zahlen hervorgehen).

Bei einigen Metallen liegen die Schmelzpunkte so wenig aus einander, dafs wir die Differenzen vernachlässigen können, ohne befürchten zu müssen, die so sich ergebenden Folgerungen seyen als unstatthaft zu verwerfen: dafs wir also *dieselben* Temperaturen als correspondirende betrachten können. Es ist dieses erlaubt, wenn auch nicht in aller Strenge richtig, sobald die Differenz der Schmelzpunkte nicht gröfser ist, als das Intervall der Temperaturen, wofür man die Ausdehnung der Metalle noch als gleichmäfsig betrachten kann. Für das Zinn, das Zink, das Blei und das Wismuth können wir die Vergleichung der spec. Volume bei verschiedenen Temperaturen in dieser Art führen; wenn auch nicht mit aller Schärfe, doch mit annähernder Richtigkeit.

Das spec. Volum des Zinns ist bei gewöhnlicher Temperatur =101, das des Zinks =58; die Differenz ist =43. Die lineare Ausdehnung des Zinns ist für 100° Temperaturerhöhung =0,00177 (Daniell) bis 0,00209 (Horner) (ich nehme nur die besten Angaben, nicht die, welche die passendsten Resultate geben). Das spec. Volum des Zinns wächst durch diese Erwärmung von 101 auf 101,535 bis 101,633; wenn, wie es nach der obigen Betrachtung seyn soll, das des Zinks *stets* um 43 kleiner ist, so mufs es bei der um 100° erhöhten Temperatur =(101,535 bis 101,633) — 43 seyn, es mufs 58,535 bis 58,633 betragen; es mufs sich also durch Erwärmung um 100° von 58 auf 58,535 bis 58,633 ausdehnen, d. h. seine lineare Ausdehnung mufs für dieses Temperaturintervall 0,00307 bis 0,00361 seyn. Smeaton giebt an 0,00311; Horner 0,00297; Daniell 0,00298.

Das spec. Volum des Wismuths bei gewöhnlicher Temperatur ist = 135, um 34 gröſser als 101, das spec. Volum des Zinns. Nach den oben angegebenen Beobachtungen geht durch Erwärmung um 100° das spec. Volum des Zinns über in 101,535 bis 101,633. Ist das spec. Volum des Wismuths *stets* um 34 gröſser, so muſs es bei dieser erhöhten Temperatur 135,535 bis 135,633 betragen, d. h. die lineare Ausdehnung des Wismuths muſs für Erwärmung um 100° = 0,00132 bis 0,00156 seyn. Die einzige experimentelle Bestimmung dieser Gröſse, die ich kenne, ist die von Smeaton, welcher dafür 0,00139 fand.

Bei Zink, Zinn und Wismuth bewährt sich also die Richtigkeit unserer Betrachtung vollkommen; aber die Vergleichung des spec. Volums des Bleis mit einem der vorhergehenden Metalle bei verschiedenen Temperaturen zeigt nicht ganz dieselbe Uebereinstimmung. Man muſs nämlich das Atomgewicht des Bleis halb so groſs setzen, als es in der Chemie aus vollgültigen Gründen angenommen wird, wenn die Differenz der Atomvolume für die verschiedenen Temperaturen constant seyn soll. Es ist alsdann das spec. Volum des Bleis = 57, wenn das des Zinns 101, das des Zinks 58 und das des Wismuths 135 ist. Das spec. Volum des Bleis geht über durch Erwärmung um 100° in 57,475 bis 57,496 (lineare Ausdehnung 0,00278 Daniell, 0,00290 Horner). Ist das spec. Volum des Zinns immer um 44 (= 101 — 57), das des Zinks um 1 (= 58 — 57), das des Wismuths um 78 (= 135 — 57) gröſser als das des Bleis, so muſs bei der um 100° erhöhten Temperatur das spec. Volum des Zinns = 101,475 bis 101,496, das des Zinks = 58,475 bis 58,496, das des Wismuths = 135,475 bis 135,496 seyn; die lineare Ausdehnung des Zinns muſs für diesen Temperaturunterschied 0,00157 bis 0,00164, die des Zinks 0,00273 bis 0,00285, die des Wismuths 0,00117 bis 0,00122 betragen; alles mit den im Vorstehenden ange-

führten Beobachtungen in sehr annähernder Uebereinstimmung.

Eine andere Gruppe von Metallen, über deren Schmelzpunkte die Angaben so wenig von einander abweichen, dafs man versucht seyn kann die Unterschiede zu vernachlässigen, umfafst das Kupfer, das Gold und das Silber. Doch sind die Schmelzpunktsbestimmungen über diese Metalle ziemlich unsicher.

Das spec. Volum des Kupfers ist 44, das des Goldes ist 65, um 21 gröfser. Das spec. Volum des Kupfers wächst durch Erwärmung um 100° auf 44,226 bis 44,227 (lineare Ausdehnung 0,00171 Horner, 0,00172 Daniell, Dulong u. Petit). Nach unserer Annahme und unter Voraussetzung gleicher Schmelzpunkte mufs das des Goldes bei gleicher Temperaturerhöhung um 100° immer noch um 21 gröfser seyn, also auf 65,226 bis 65,227 kommen; d. h. die lineare Ausdehnung für Erwärmung um 100° berechnet sich zu 0,00116. Daniell beobachtete 0,00123, Lavoisier 0,00146.

Vergleichen wir das Gold mit dem Silber, so sollten wir ein einfaches Verhältnifs der Ausdehnung um so mehr erwarten, da das spec. Volum des Goldes dem des Silbers gleich oder halb so grofs ist, je nachdem wir das Atomgewicht des Silbers zu 1352 oder zu 676 annehmen. Es ist diefs nicht der Fall; wohl aber ergiebt sich Uebereinstimmung mit unseren Betrachtungen, wenn wir Ein spec. Volum (nach der erstern Annahme des Atomgewichts zu 1352) = 130 mit drei spec. Volumen Gold = 195 vergleichen, wo alsdann die Differenz = 65 für die verschiedenen Temperaturen constant bleibt. Die lineare Ausdehnung des Silbers ist nach Lavoisier 0,00191, nach Daniell 0,00195, für eine Erwärmung um 100°; das spec. Volum des Silbers geht also über durch eine solche Temperaturerhöhung in 130,745 bis 130,761. Ist die Differenz zwischen dem dreifachen spec. Volum des Goldes einerseits aus dem einfachen des Silbers

bers andrerseits constant = 65, so mufs das erstere durch eine solche Temperaturerhöhung von 195 auf 195,745 bis 195,761 kommen, d. h. die lineare Ausdehnung des Goldes mufs 0,00127 bis 0,00130 betragen, und damit stimmen die obigen Beobachtungen auch überein.

Eine noch andre Gruppe von Metallen mit gleichem Schmelzpunkt bilden das Platin und das Palladium. Ihre Uebereinstimmung mit unsern Betrachtungen folgt aus dem oben mitgetheilten.

Die Uebereinstimmung der berechneten Resultate mit den beobachteten scheint mir sehr genügend, wenn wir überlegen, dafs wir wegen der Vernachlässigung der, wenn auch nicht sehr bedeutenden, Unterschiede der Schmelzpunkte etwas differirende Resultate erhalten *mufsten.*

Ich habe indessen diese Berechnungen weitläuftiger geführt, um zu zeigen, innerhalb welcher Gränzen die berechneten Werthe wirklich mit den beobachteten übereinstimmen, und es ergiebt sich, dafs die Differenzen der berechneten Resultate von den beobachteten nicht gröfser sind, als die der letztern unter sich. — Sonst aber läfst sich die hier gefundene Regelmäfsigkeit sehr einfach ausdrücken: Für *correspondirende* (gleichweit vom Schmelzpunkt entfernte) gleiche Temperaturintervalle dehnen sich die spec. Volume (oder einfache Multipla oder Submultipla davon) der Metalle (wahrscheinlich aller einfachen Körper im festen Zustand) um gleichviel aus; der Ausdehnungscoëfficient ist also für diese correspondirenden Temperaturen dem spec. Volum (oder einem einfachen Multiplum oder Submultiplum desselben) umgekehrt proportional.

Mit andern Worten: es läfst sich auf die Bestimmung der Ausdehnung, des Schmelzpunkts und des spec. Gewichts eine Methode die Atomgewichte festzusetzen gründen, und die Resultate stehen mit denen auf andrem Wege erhaltenen in einfachen Verhältnissen. Diese Me-

thode wird hoffentlich hierzu nie angewandt, sie würde zu der jetzt schon herrschenden Meinungsverschiedenheit über die wahren Atomgewichte verschiedener Körper noch eine neue Quelle der Unsicherheit hinzufügen; aber der Zusammenhang unter diesen Eigenschaften, auf den ich im Vorhergehenden aufmerksam gemacht habe, scheint mir doch von Wichtigkeit.

Für einfache Körper von gleichem oder beinahe gleichem Schmelzpunkt heifst das obige Gesetz: dafs ihre spec. Volume (oder einfache Multipla oder Submultipla davon) durch gleiche Erwärmung, wenn man von *derselben* Temperatur ausgeht, um gleichviel zunehmen; sind die Schmelzpunkte nicht vollkommen dieselben, so wird derjenige Körper eine stärkere Zunahme des spec. Volums zeigen, dessen Schmelzpunkt am niedrigsten liegt.

Ich will die oben besprochenen Fälle für mehrere Gruppen von Metallen, die beinahe gleichen Schmelzpunkt haben, hier nochmals übersichtlich zusammenstellen, und zwar in der Art, dafs wir suchen, in wiefern innerhalb Einer Gruppe das Product aus dem Ausdehnungscoëfficienten in das spec. Volum (oder ein einfaches Multiplum oder Submultiplum desselben) eine constante Gröfse sey. Folgende Tabelle enthält diese Uebersicht; die Producte in jeder der Gruppen müfsten unter sich gleich seyn, wenn der Schmelzpunkt der darin aufgeführten Substanzen derselbe, und die Ausdehnung vollkommen fehlerfrei bestimmt wäre.

Substanz.	Schmelzpunkt.		Cubische Ausdehnung.		Durch Erwärmung von 0° bis 100° nimmt zu:
Erste Gruppe: Zink, Blei, Wismuth, Zinn. (Schmelzpunkt 330 bis 230° ungefähr.)					
Zink:	342°	Daniell	0,00891	Horner	1 spec. Volum = 58 um 0,517
			0,00894	Daniell	- - - - - 0,518
			0,00933	Smeaton	- - - - - 0,541
Blei:	320	Daniell	0,00834	Daniell	½ spec. Volum = 57 um 0,475
	325	Rudberg	0,00861	Smeaton	- - - - - 0,491
	834	Kupffer	0,00870	Horner	- - - - - 0,496
Wismuth:	239	Daniell	0,00517	Smeaton	1 spec. Volum = 135 um 0,698
	264	Rudberg			
	265	Erman			
Zinn:	227	Daniell	0,00531	Daniell	1 spec. Volum = 101 um 0,536
	230	Kupffer	0,00582	Lavoisier	- - - - - 0,588
	228	Rudberg	0,00651		- - - - - 0,658
			0,00627	Horner	- - - - - 0,633

Substanz.	Schmelzpunkt.	Cubische Ausdehnung.	Durch Erwärmung von 0° bis 100° nimmt zu:
	Zweite Gruppe: Gold, Kupfer, Silber. (Schmelzpunkt 1300 bis 1100° ungefähr.)		
Gold:	1421 Daniell	0,00369 Daniell	3 spec. Volum = 195 um 0,720
	1200 Pouillet	0,00438 Lavoisier	- - - - - 0,854
Kupfer:	1398 Daniell	0,00513 Horner	3 spec. Volum = 132 um 0,677
	1050 Pouillet	0,00516 {Daniell / Dulong et Petit}	- - - - - 0,681
Silber:	1222 Daniell	0,00573 Lavoisier	1 spec. Volum = 130 um 0,745
	1000 Pouillet	0,00585 Daniell	- - - - - 0,761
	Dritte Gruppe: Platin, Palladium. (Schmelzpunkt 1700°? ungefähr.)		
Platin:	1700 Clarke *	0,00258 Borda	1 spec. Volum = 57 um 0,147
		0,00264 Daniell	- - - - - 0,150
		0,00295 Dulong et Petit	- - - - - 0,168
		0,00297 Troughton	- - - - - 0,169
Palladium:	1700 Vauquelin	0,0030 Wollaston	1 spec. Volum = 57 um 0,171

Die Uebereinstimmung der Producte aus der Ausdehnung in das spec. Volum für jede einzelne dieser Gruppen, innerhalb der Gränzen, wie sie nach den oben dargelegten Betrachtungen zu erwarten steht, ist sehr befriedigend.

Es ist nicht ohne Interesse zu bemerken, dafs man das Atomgewicht des Wismuths zu 1330, und nicht zu 887, annehmen mufs, wenn das spec. Volum dieses Metalls gleiche Ausdehnung mit dem des Zinks und Zinns haben soll. Als Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme kann indefs dieser Umstand nicht gelten, da dieselben Gründe auf eine Abänderung des Atomgewichts des Bleis und des Silbers hindeuten, die jedenfalls ganz unstatthaft ist.

Der im Vorstehenden nachgewiesene Zusammenhang zwischen den spec. Volumen (Atomgewichten und Dichtigkeiten), Ausdehnungscoëfficienten und Schmelzpunkten der Metalle scheint mir von Wichtigkeit zu seyn, und vermehrt die Erkenntnifs, welche wir über jede einzelne der genannten physikalischen Eigenschaften besitzen.

Von den Gegenständen, welche ich hier behandelt habe, zogen einige einzelne Fälle schon die Aufmerksamkeit Anderer auf sich. Der Verschiedenheit hinsichtlich der Art der Untersuchung und der erhaltenen Resultate ungeachtet, glaube ich doch auf diese frühere Untersuchungen aufmerksam machen zu müssen.

Persoz in seiner *Introduction à l'étude de la chimie moléculaire*, hat S. 223 bis 228 die Ausdehnung des Wassers, Aethers, Alkohols und Schwefelkohlenstoffs unter dem theoretischen Gesichtspunkte betrachtet, und glaubte einen Zusammenhang zu finden zwischen der Gröfse der Contraction, welche Flüssigkeiten von gleichem Volum bei der Siedhitze durch Erkaltung um gleichviel Grade unter den Siedpunkt erleiden, und der Anzahl Volume Gas, welche Ein Aequivalent jeder Flüssigkeit gäbe, sofern keine Molecularcontraction bei dem Uebergang in

den Gaszustand stattfindet; er bemerkte noch dazu, dafs gleiche Volume verschiedener Flüssigkeiten, bei ihrer Siedhitze verglichen, Quantitäten von Materie einschliefsen, die sich wie ihre Atomgewichte verhalten. — Die Ausdehnung fester Körper berührt er S. 263 ff., wo er indefs nur zeigt, dafs die Zunahme des Volums von 1 Aequivalent Blei durch Erwärmung um 100° das Doppelte ist von der Zunahme des Volums von 1 Aequivalent Zink durch gleiche Erwärmung, und darauf aufmerksam macht, dafs auch (nach seiner Annahme der spec. Gewichte) das Volum von 1 Aequivalent Blei doppelt so grofs ist als das Volum von 1 Aequivalent Zink.

Eine Abhandlung von Schröder in diesen Annalen Bd. LII. S. 282 bis 291, hat zum Zweck, nachzuweisen: dafs die Ausdehnung des spec. Volums der einfachen Körper durch die Wärme im Allgemeinen um so gröfser ist, je näher dieselben bei der Temperatur ihrer Schmelzwärme liegen, wenn sie auch in dieser Hinsicht nicht bei jeder Temperatur genau die Reihe befolgen, in der sie nach ihrer Schmelzwärme geordnet sind; — dafs die spec. Volume der einfachen Körper Ausdehnungen durch die Wärme darbieten, welche dann in einfachen Verhältnissen stehen, wenn auch die spec. Volume selbst in einfachen Verhältnissen stehen; — dafs die Ausdehnungen der Körper, wenn ihre spec. Volume in einfachen Verhältnissen stehen, in allen Aggregationszuständen vergleichbar sind; — dafs die Ausdehnungen der einfachen und zusammengesetzten Körper durch die Wärme in einfachen Verhältnissen stehen, wenn man sie für solche Zustände der Körper vergleicht, in welchen auch die spec. Volume der Körper in einfachen Verhältnissen stehen, die Körper mögen fest, flüssig oder gasförmig seyn; — dafs Gleichheit oder einfaches Verhältnifs der spec. Volume stattfindet bei flüssigen Körpern für Temperaturen, in welchen ihre Dämpfe gleiche Elasticität haben, und bei festen Körpern wahrscheinlich bei solchen Tem-

peraturen, die gleich weit von den Wärmegraden abstehen, bei welchen die Körper anfangen Schmelzwärme zu binden (nicht von den Schmelzpunkten); — dafs endlich die Ausdehnung der Körper durch die Wärme an sich ohne Ausnahme gleichförmig ist, dafs wenn die Flüssigkeiten hiervon abweichen, diefs davon herrührt, dafs eine Flüssigkeit eine mit ihrem eignen Gas gesättigte ist, und dafs wenn auch die Metalle das Gegentheil zu beweisen scheinen, diefs davon herrührt, dafs sie alsdann als Amalgame von sich selbst im festen Zustand mit sich selbst im geschmolznen Zustand zu betrachten sind; — dafs man endlich die Ausdehnungen der Körper durch die Wärme für solche Temperaturgränzen suchen und vergleichen mufs, innerhalb welcher die Ausdehnung derselben gleichförmig ist, wenn man genaue und für eine mathematische Theorie brauchbare Vergleichungen erhalten will.

Ueber die Richtigkeit dieser zahlreichen Resultate, die zum Theil jedenfalls als höchst gewagt anzusehen sind, entscheiden zu wollen, ist hier nicht der Ort, da die Untersuchung zu weit führen würde; Persoz und Schröder namentlich haben sie eigentlich nur angedeutet, ohne allen oder ohne strengen Beweis. — Ich glaubte die vorhergehenden Stellen hier anführen zu müssen, da in ihnen einige Gegenstände berührt sind, die auch ich oben untersucht habe, und um eine Vergleichung zu veranlassen, was die Begründung und die Zuverlässigkeit der von mir gefundnen Resultate, und die Art, wie Schröder und Persoz auf die von ihnen angegebenen gekommen sind, angeht. Zu einer solchen Vergleichung mufs ich indefs nochmals auf die schon oben citirte Abhandlung von Schröder im Ganzen verweisen, von deren Inhalt hier natürlich nur des Verfassers Folgerungen angeführt werden konnten, ebenso, wie auch eine Vergleichung meiner Resultate in ihrer Anwendung auf einzelne Fälle, die schon Persoz berücksichtigt hat, mit

den Ansichten dieses Gelehrten, die Inbetrachtnahme seiner ausführlicheren Darstellung am angeführten Orte verlangt.

IV. *Methode zur Darstellung fein zertheilter Sublimate.*

In Frankreich und England bedienen sich die Aerzte fast ausschliefslich des mit Dampf bereiteten Calomels: Die von Josias Jewel erfundene und von Ossian Henry verbesserte Bereitungsmethode besteht darin, dafs man den Calomeldampf mit Wasserdampf in ein gemeinschaftliches Gefäfs treten läfst. Diese Operation ist indefs nach Hrn. Soubeiran sehr schwierig, erfordert grofse Geschicklichkeit, und bringt oft Unfälle mit sich, durch welche ein grofser Theil des Products verloren geht; defshalb schlägt er ein Verfahren vor, wo, statt des Wasserdampfs, ein Luftstrom angewandt wird. Er erhitzt den Calomel in einer irdenen Röhre, inmitten eines Ofens, und richtet in das Rohr beständig die Düse eines kleinen Centrifugal-Ventilators des Mechanikers Dulché. Der Luftstrom mischt sich mit dem Dampf und führt ihn in die Recipienten. Wenn man gerade Röhren anwendet, so kann man den Calomel auf solche Weise 20 Meter (über 60 Fufs) weit fortführen. Um diefs zu vermeiden läfst er den Apparat in eine Röhre endigen, die in etwas Wasser getaucht ist. Die beständig zum Hinaustreten bereit stehende Luft erregt ein Schwabbern (*clapotage*), welches den Calomel befeuchtet und seine Fällung bedingt. Diefs Verfahren, welches sich auch auf andere Sublimationen anwenden läfst, liefert einen sehr schönen Calomel (*Compt. rend. T. XIV. p.* 665).

V. *Versuch einer inductorischen Entwicklung der Undulationstheorie; von Dr. E. Schmid.*

Privatdocent an der Universität zu Jena.

Durch die Arbeiten der jüngst vergangenen Zeit ist die Undulationstheorie zu einem so hohen Grade von Vollkommenheit gediehen, dafs sie ihre Erklärungen wenn auch manchmal nicht mit anschaulicher Leichtigkeit, doch mit der consequentesten Folgerichtigkeit und Ungezwungenheit giebt, und dafs sie fast das ganze Gebiet der jetzt bekannten optischen Erscheinungen umfafst; denn in Bezug auf Polarisation und Brechung entziehen sich nur in wenigen Punkten die zwei-axigen Krystalle ihren Gesetzen, und unter den einzelnen optischen Disciplinen fehlt es nur der Ableitung der Absorption an der wünschenswerthen Evidenz. Auch sind die Rechnungen in so scharfsinniger und eleganter Weise ausgeführt worden, dafs wenig andere ihnen in dieser Hinsicht gleichgestellt werden können. Obgleich daher, wenn eine Hypothese für die Erklärung der Lichterscheinungen angenommen werden soll, gegenwärtig kein Physiker über die Wahl derselben in Zweifel seyn kann; so möchte doch ein Umstand und nicht ganz mit Unrecht Anstofs erregen. Man hat nämlich die mechanische Theorie der Undulationen des Lichtäthers immer so dargestellt, als ob sie nothwendig mit einer atomischen Grundansicht verbunden sey. Ohne hier auf den Streit der Atomistiker und Dynamiker einzugehen, liefse sich freilich zuerst die Frage aufstellen, ob sich die Aethermoleküle wirklich auf die Bestimmung der Natur des Aethers beziehen, oder ob sie nicht vielmehr zu den Hülfsmitteln der Rechnung gehören. Unsere jetzige Analysis vermag eben so wenig Elasticitätskräfte, oder überhaupt nur in

der Berührung wirkende Kräfte, als ein Continuum ohne Einführung gewisser Hülfsvorstellungen der Rechnung zu unterwerfen. Für ein Continuum werden Differentiale der Masse nöthig; eine Elasticitätskraft wird auf einzelne Mittelpunkte der Kraft zurückgeführt. Aber Massendifferentiale beziehen sich nicht im entferntesten auf letzte Massentheile oder Atome; warum müssen sich denn die für eine Elasticitätskraft substituirten Wirkungsmittelpunkte auf Moleküle beziehen? — Bei dieser Lage der Sache möchte eine Untersuchung nicht ohne Interesse seyn, deren Zweck es ist, zu zeigen, daſs man die Resultate der Undulationstheorie auch ohne Annahme einer mechanischen Hypothese auf rein inductorischem Wege erlangen kann, indem man von der Erfahrung ausgehend, den mathematischen Ausdruck des Gesetzes aufsucht, welches die einzelnen Erscheinungen umfaſst. Insoweit als eine inductorische Ableitung mit Strenge gegeben werden kann, ist gegen die Richtigkeit des Gesetzes kein Zweifel zu erheben. Das Gesetz könnte höchstens bei unvollständig gegebener Erfahrung noch zu speciell gefaſst seyn, und in diesem Falle würde auch die Hypothese, durch die das inductorisch gefundene Gesetz gedeutet werden soll, noch Veränderungen erleiden. — Damit wird das vorliegende Unternehmen erklärt seyn.

I. Lichterzeugung.

(Schwingungsgesetze des Lichtäthers.)

§. 1.

Seit Römers Entdeckung ist es bekannt, daſs das Licht Zeit braucht, um von einem Orte zu einem anderen zu gelangen, d. h. sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortpflanzt. Bringt man damit die von Bradley entdeckte Aberration des Sternenlichts in Verbindung, so ergiebt sich erstens, daſs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes für den Beobachter an der

Erde unabhängig sey von der Quelle des Lichtes; — denn das Licht aller Himmelskörper zeigt eine gleiche jährliche Längenabweichung, — zweitens, dafs sie unabhängig sey von der Entfernung sämmtlicher Lichtquellen, — denn die Rechnung giebt für sie an jedem Orte der Erdbahn eine gleiche Gröfse. *Alles Licht hat also im Weltraume dieselbe constante Fortpflanzungsgeschwindigkeit.*

§. 2.

Es fragt sich nun, worin das fortgepflanzte Licht bestehe? Zur Beantwortung dieser Frage wird die Betrachtung der Interferenzerscheinungen führen. Sie zeigen nämlich zunächst, dafs Licht zu Licht hinzugethan nicht immer dieselbe Lichtstärke als Summe gebe, sondern eine sehr veränderliche. Aus der Veränderlichkeit dieser Summe müssen wir, da beide Summanden gleichartig sind, auch auf eine Veränderlichkeit der Summanden selbst schliefsen. Alle Veränderungen in der Körperwelt kommen aber zuletzt auf Bewegungen oder Veränderungen von Bewegungen hinaus, und sind nur dann genügend erkannt und erklärt, wenn man sie auf Bewegungen zurückgeführt hat. Wenden wir diefs auf den vorliegenden Fall an, so wird das Licht als eine veränderliche Bewegung darzustellen seyn. Wir nennen die Masse, an welche diese Bewegung gebunden ist, Lichtäther, ohne uns vor der Hand um dessen Natur zu bekümmern, müssen aber wohl bemerken, dafs nicht der Lichtäther selbst, sondern ein Zustand desselben, Licht ist, dafs das Licht erst durch seine Bewegung erzeugt wird. Dabei können wir annehmen, dafs die Intensität des Lichtes von der Intensität der lichterzeugenden Bewegung abhänge; beide werden mit einander entstehen und verschwinden, zu- und abnehmen.

§. 3.

Um die Gesetze, unter denen Richtung und Geschwindigkeit der Lichtätherbewegung stehen, genauer

kennen zu lernen, ist es nöthig den Verlauf der Interferenzerscheinungen schärfer aufzufassen. Diefs geschieht in folgender Weise. Schneiden sich unpolarisirte oder auch gleichpolarisirte homogene Lichtstrahlen, die von derselben Quelle ausgegangen und gleich intensiv sind, überdiefs Richtungen verfolgen, die so wenig von einander abweichen, dafs man sie als parallel ansehen kann, die sich also nur in der Länge des Weges, den sie von der Lichtquelle aus bis zu ihrem Durchschnittspunkte zurückgelegt haben, von einander unterscheiden, so tritt im Durchschnittspunkte eine erhöhte Helligkeit ein, wenn die Längenunterschiede der Wege beider Lichtstrahlen, d. h. ihr Gangunterschied, mL beträgt; dagegen verschwindet alles Licht im Durchschnittspunkt, wenn der Gangunterschied $\frac{2n+1}{2}L$ beträgt; endlich für Gangunterschiede, die zwischen mL und $\frac{2m+1}{2}L$ inne stehen, hat die Helligkeit eine von der gröfsten Helligkeit bis zum Verschwinden abnehmende Gröfse. L ist hier eine, wenn auch sehr kleine, aber doch genau gemessene Gröfse, welche für verschieden farbiges Licht und für verschiedene durchsichtige Mittel verschieden ausfällt. m und n stellen ganze Zahlen vor. Auch ist vorausgesetzt, dafs das durchsichtige Mittel auf dem ganzen Wege der Lichtstrahlen immer dasselbe sey.

§. 4.

Die verschiedene Lichtintensität im Durchschnittspunkte zweier Strahlen zeigt einen vom Gangunterschiede derselben abhängigen Wechsel der lichterzeugenden Bewegung im Durchschnittspunkte an. Diese lichterzeugende Bewegung im Durchschnittspunkte ist die Resultante der Bewegungen, welche das Licht in jedem der sich schneidenden Strahlen selbst hervorbringen. Eine Resultante zweier gegebenen Bewegungen erreicht aber im Allgemeinen ihr Maximum, wenn beide Bewegungen gleiche

chtung haben, sie nimmt um so mehr ab, je mehr
Richtung der Componenten bis zur Entgegengesetzt-
it verschieden wird; soll sie verschwinden, so müssen
Componenten gleiche Gröfse und entgegengesetzte
chtung haben. Mithin haben in zwei gleich intensiven
erferirenden Lichtstrahlen, für die wir natürlich eine
iche absolute Quantität lichterzeugender Bewegung vor-
ssetzen, diese letzteren stets dieselbe Richtung, wenn
r Gangunterschied mL, stets entgegengesetzte, wenn
r Gangunterschied $\frac{2n+1}{2}L$ beträgt, und eine um so
hr oder weniger sich entsprechende, je mehr sich der
ngunterschied der Gröfse mL oder $\frac{2n+1}{2}L$ nähert.
as aber von zwei nur in Hinsicht auf die Länge ihres
eges verschiedenen Lichtstrahlen gilt, läfst sich auch
f verschiedene Weglängen eines und desselben Licht-
ahls anwenden. So stellt sich dann zuerst die Licht-
eugende Bewegung (Q) im Strahle als eine Function
r Länge desselben (l) dar: $Q=F(l)$, so zwar dafs:

$$Q=F(l)=F(l+mL)=-F\left(l+\frac{2n+1}{2}L\right)\ldots(1)$$

§. 5.

Dieses unter Formel (1) aufgestellte Gesetz deutet hin
f eine periodische oder oscillirende Bewegung des Licht-
ers, durch welche das Erscheinen des Lichtes bedingt
Wollen wir weiter untersuchen, welches die Rich-
g dieser Bewegung sey und welchem Gesetze ihre Ge-
windigkeit folge, so müssen wir von den Interferenz-
cheinungen polarisirter Strahlen ausgehen. Bei die-
treten die Erscheinungen bekanntlich nur dann in
selben Weise hervor, wie beim unpolarisirten Lichte,
nn ihre Polarisationsebenen zusammenfallen; sie blei-
hingegen ganz aus, wenn ihre Polarisationsebenen
krecht aufeinanderstehen. Im letzten Falle ist die In-
sität im Durchschnittspunkte vom Gangunterschiede

ganz unabhängig. — Senkrecht gegen einander polarisirte Strahlen müssen wir aber, indem wir uns von den einfachsten Experimenten leiten lassen, so ansehen, als ob sie gegen einander in einer auf ihrer Richtung senkrechten Ebene um 90° verdreht, übrigens vollkommen gleichartig wären. Haben also die Strahlen gleiche Intensität und Richtung, und findet bei ihnen kein Gangunterschied statt, so werden die auf eine, gegen ihre Richtung senkrechte Ebene projicirten Componenten der lichterzeugenden Bewegungen auf einander senkrecht stehen.

A. Richtung der Lichtätherbewegung.

§. 6.

Mögen sich nun zwei gleichintensive polarisirte Strahlen schneiden, deren Richtung ohne merklichen Fehler als zusammenfallend angesehen werden kann. Ihr Gangunterschied sey Δl. Dann hat man als Ausdruck für die lichterzeugende Bewegung in beiden Strahlen:

$$Q' = F(l) \; ; \; Q'' = F(l + \Delta l).$$

Wie immer diese Bewegungen beschaffen seyn mögen, sie lassen sich auf ein Coordinatensystem projiciren. Sey das System ein rechtwinkliches, die Axe der Z in der Richtung der Strahlen genommen, die Axe der X in die Polarisationsebene des einen Strahles gelegt; die Cosinus der Winkel, unter welchen die Richtung der Bewegung gegen die Axen:

		X	Y	Z
geneigt ist, sollen seyn für	Q'	α	β	γ
für	Q''	$\alpha+\Delta\alpha$	$\beta+\Delta\beta$	$\gamma+\Delta\gamma$

wenn beide Strahlen nach einerlei Richtung polarisirt sind, folglich:

$$\beta+\Delta\beta \quad -(\alpha+\Delta\alpha) \quad \gamma+\Delta\gamma$$

wenn die Polarisationsebenen senkrecht aufeinanderstehen.

Die Summen der Componenten im Durchschnittspunkte werden dann:

Auf der Axe.	I. Bei gleicher Polarisation der interferirenden Strahlen.	II. Bei senkrechter Polarisation der interferirenden Strahlen.
X	$\xi'=\alpha F(l)+(\alpha+\Delta\alpha)F(l+\Delta l)$;	$\xi''=\alpha F(l)+(\beta+\Delta\beta)F(l+\Delta l)$
Y	$\eta'=\beta F(l)+(\beta+\Delta\beta)F(l+\Delta l)$;	$\eta''=\beta F(l)-(\alpha+\Delta\alpha)F(l+\Delta l)$
Z	$\zeta'=\gamma F(l)+(\gamma+\Delta\gamma)F(l+\Delta l)$;	$\zeta''=\gamma F(l)+(\gamma+\Delta\gamma)F(l+\Delta l)$

Folglich ist das Quadrat der Resultante nach I:

$$\left.\begin{array}{l} R'^2=[F(l)]^2+[F(l+\Delta l)]^2 \\ \quad +2F(l)F(l+\Delta l)[\alpha(\alpha+\Delta\alpha)+\beta(\beta+\Delta\beta)+\gamma(\gamma+\Delta\gamma)] \end{array}\right\} \quad (2)$$

nach II:

$$\left.\begin{array}{l} R''^2=[F(l)]^2+[F(l+\Delta l)]^2 \\ \quad +2F(l)F(l+\Delta l)[\alpha(\beta+\Delta\beta)-\beta(\alpha+\Delta\alpha)+\gamma(\gamma+\Delta\gamma)] \end{array}\right\} \quad (3)$$

R'' soll aber unabhängig seyn vom Gangunterschiede der Strahlen (Δl). Allein $F(l+\Delta l)$ kann für ein veränderliches Δl nach Form. (1) entgegengesetzte Werthe annehmen; das letzte Glied rechts würde also bald positive, bald negative Werthe erhalten, und mufs deshalb verschwinden, so dafs:

$$2F(l)F(l+\Delta l)[\alpha(\beta+\Delta\beta)-\beta(\alpha+\Delta\alpha)+\gamma(\gamma+\Delta\gamma)]=0$$

und da $F(l)F(l+\Delta l)$ für sich nicht nothwendig verschwindet, so ist:

$$\alpha(\beta+\Delta\beta)-\beta(\alpha+\Delta\alpha)+\gamma(\gamma+\Delta\gamma)=0 \quad \ldots (4)$$

Diese Gleichung mufs allgemein gelten, also auch für den Fall, dafs $\Delta l=0$ wird. Mit $\Delta l=0$ wird aber auch $\Delta\alpha=0$, $\Delta\beta=0$, $\Delta\gamma=0$; woraus für jeden Werth von l also allgemein folgt:

$$\gamma^2=0 \quad ; \quad \gamma=0 \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

Und da überdiefs nach Formel (4) die Richtungen, deren Neigung gegen die Coordinat-Axen durch die Cosinus α, β, 0 und $\beta+\Delta\beta$, $-(\alpha+\Delta\alpha)$, 0 vorgestellt werden, einen rechten Winkel einschliefsen, so ist auch:

$$\Delta\alpha=0 \quad ; \quad \Delta\beta=0 \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Mit Berücksichtigung dieser letzten Gleichungen stellen sich dann R' und R'' unter folgender einfacher Form dar:

$$R'^2=[F(l)+F(l+\Delta l)]^2 \quad ; \quad R''^2=[F(l)]^2+[F(l+\Delta l)]^2 \quad (7)$$

Durch die Formeln (5) und (6) ist die Richtung der lichterzeugenden Bewegung bestimmt. Formel (5) zeigt an, dafs die Bewegungen nur transversal gegen die Richtung des Strahles erfolge; Formel (6), dafs überdiefs immer dieselbe Transversal-Richtung beibehalten wird. Diese Transversale mufs aber entweder in der Polarisationsebene liegen, oder senkrecht auf ihr stehen. Denn da die Erscheinungen bei Spiegelung und Brechung polarisirter Strahlen auf ganz gleiche Weise erfolgen, die Reflexions- oder Refractionsebene, oder der Hauptschnitt eines doppeltbrechenden Krystalls mag auf der rechten Seite der Polarisationsebene liegen oder mit ihr denselben Winkel links machen, so müssen die lichterzeugenden Bewegungen symmetrisch zu beiden Seiten der Polarisationsebene angeordnet seyn. Eine symmetrische Anordnung ist aber unter den gegebenen Bedingungen nur bei obiger Stellung möglich. — Steht es aber fest, dafs die lichterzeugenden Bewegungen im polarisirten Lichte nur senkrecht gegen die Richtung des Strahles erfolgen, so mufs man, wie Fresnel [1]) so einfach bewiesen hat, dasselbe auch vom unpolarisirten Lichte annehmen. Bei der Doppelbrechung wird nämlich ein unpolarisirter Lichtstrahl in zwei polarisirte getheilt, deren Vereinigung wieder einen unpolarisirten giebt, von gleicher Intensität und Beschaffenheit mit dem ursprünglichen. Jeder unpolarisirte Lichtstrahl kann demnach aus zwei senkrecht gegen einander linear polarisirten zusammengesetzt gedacht werden.

B.

1) Diese Annalen, Bd. XXIII S. 387. — An dieser Stelle leitet Fresnel auch die transversale Richtung der Lichtäther-Schwingungen aus der Nichtinterferenz senkrecht gegen einander polarisirter Strahlen ab. Seine Ableitung unterscheidet sich von der hier gegebenen dadurch, dafs dort für die Geschwindigkeit der Lichtäther-Schwingungen das Gesetz schon präsumirt ist; sie ist aber auch in sofern mangelhaft, als die Möglichkeit des Auftretens negativer Componenten der lichterzeugenden Bewegungen gar nicht berücksichtigt ist, sondern alle Componenten wesentlich positiv genommen sind.

B. Geschwindigkeit der Lichtätherbewegung.

§. 7.

Aus den Resultaten des vorigen §. 6 ergiebt sich, dafs der Lichtäther bei der Lichterzeugung nur in sofern seine Entfernung von der Lichtquelle verändert, als er sich senkrecht gegen die Richtung des Strahles bewegt. An jedem Orte mufs es daher stets dieselbe Masse seyn, deren Bewegung Licht erzeugt. Bezeichnet man sie mit M, ihre Geschwindigkeit mit V, so läfst sich die lichterzeugende Bewegung auch darstellen durch:

$$Q = F(l) = MV.$$

In diesem Ausdrucke ist M ein constanter Factor, mithin mufs V eine Function von l seyn. Gleichung 1 geht daher über in:

$$Q = Mf(l)$$

und es handelt sich nur darum, die Function

$$V = f(l)$$

genauer zu bestimmen. Da müssen noch einige bekannte Erfahrungen zu Hülfe genommen werden, deren Beschreibung kürzlich folgende ist. Fällt ein linear polarisirter Lichtstrahl unter dem sogenannten Polarisationswinkel auf einen Spiegel, dessen hintere Fläche geschwärzt ist, so wird er nur dann vollständig reflectirt, wenn die Einfallsebene zugleich seine Polarisationsebene ist; je mehr aber beide Ebenen auseinandergehen, desto geringer ist die Intensität des reflectirten Lichts, und das reflectirte Licht ist immer in der Reflexionsebene des Spiegels polarisirt; wenn endlich die Polarisations- und Reflexionsebene einen rechten Winkel mit einander einschliefsen, so wird gar kein Licht reflectirt. Vergleicht man diefs mit den Ergebnissen des vorigen §. 6, so geht daraus hervor, dafs unter den angegebenen Umständen nur eine Componente der lichterzeugenden Bewegung nach der Reflexion fortgepflanzt wird, entweder nur die der Reflexionsebene parallele, oder die auf ihr senkrechte; nachdem nämlich die wahre Bewegungsrichtung des linear polarisirten Lichts

in der Polarisationsebene liegt oder auf ihr senkrecht ist. Für unseren Zweck ist es indefs nicht nöthig, sich für eine der beiden möglichen Annahmen zu entscheiden; für beide ist die Rechnung nicht wesentlich verschieden, da der Winkel zwischen Reflexions- und Polarisationsebene in beiden Fällen derjenige ist, den die lichterzeugende Bewegung im reflectirten Theile des Strahles mit der im einfallenden macht. — Mit Hülfe eines solchen Polarisationsspiegels ist man also im Stande, jede lichterzeugende Bewegung auf ein beliebig gewähltes Coordinatensystem zu verlegen, den Effect der Componenten experimentell darzustellen, und sich wenigstens durch Vergleichung dieses Effects einen Begriff von der Gleichheit oder Ungleichheit der Componenten zu machen.

Wendet man dieses Untersuchungsmittel bei sogenanntem circular polarisirten Lichte an, so zeigen sich dieselben gleichen Componenten bei jeder Lage der Reflexionsebene des Spiegels. Ein circular polarisirter Lichtstrahl entsteht aber aus der Zusammensetzung zwei gleich intensiver, senkrecht gegen einander polarisirter Lichtstrahlen bei einem gewissen Gangunterschiede, der vor der Hand durch δl vorgestellt sey. Diese Erklärung der circularen Polarisation ist der reine Ausdruck der Erfahrung. Erzeugt man nämlich Circularpolarisation dadurch, dafs man einen linear polarisirten Lichtstrahl durch ein Glimmerblättchen von bestimmter Dicke gehen läfst, dessen Hauptschnitte mit der Polarisationsebene Winkel von 45° einschliefsen, so theilt sich dieser in zwei gleich intensive, nach den Richtungen der Hauptschnitte linear polarisirte Strahlen; diese Doppelstrahlen haben aber — wie sich aus Verschiedenheit der Brechungsindices in den verschiedenen Hauptschnitten folgern läfst — verschiedene Geschwindigkeiten, so dafs sie nach dem Austritte aus dem Blättchen in ihrem Gange ungleich geworden sind. Der mathematische Ausdruck für die Zerlegung eines circular polarisirten Strahles durch Anwendung eines

Polarisationsspiegels ist demnach, wenn der Neigungswinkel zwischen der Reflexionsebene und demjenigen Hauptschnitte des Glimmerblättchens, nach welchem der langsamere Strahl polarisirt ist, mit α bezeichnet wird:

$$Mf(l+\lambda)=M\{f(l)\cos\alpha+f(l+\delta l)\sin\alpha\}$$

oder:

$$f(l+\lambda)=f(l)\cos\alpha+f(l+\delta l)\sin\alpha.$$

Wo λ eine ganz unbestimmte Gröfse ist, und durchgängig gleiche Functionszeichen gebraucht werden, weil die ihnen entsprechenden Bewegungen gleich intensives Licht geben. Soll die Function links, d. h. die Geschwindigkeit der Aetherbewegung, ihr Maximum (A) erreichen, so hat man:

$$A^2=[f(l)]^2+[f(l+\delta l)]^2 \quad \ldots\ldots (9)$$

Unterwirft man einen linear polarisirten Strahl zwei Mal hinter einander in derselben Weise den Bedingungen, durch welche er in einen circular polarisirten umgewandelt wird, so erhält man wieder einen linear polarisirten, der mit dem ursprünglichen gleich intensiv, aber unter einem rechten Winkel gegen ihn polarisirt ist, und, unter den Winkeln $+45^\circ$ und -45° zerlegt, gleiche Componenten giebt. Diefs dient zur Bestimmung von δl. Bei zweimaliger circularer Polarisation ist nämlich der Gangunterschied der zwei senkrecht gegen einander polarisirten Strahlen nach dem Vorigen $2\delta l$, und diese letzteren treten als Componenten des resultirenden linear polarisirten Strahles unter die Ausdrücke:

$$-Mf(l)=Mf(l+2\delta l),$$

daher:

$$-f(l)=f(l+2\delta l).$$

Man hat aber auch nach Formel (1):

$$-f(l)=f\left(l+\frac{2n+1}{2}L\right),$$

folglich:

26*

$$f(l+2\delta l)=f\left(l+\frac{2n+1}{2}L\right)$$

und:

$$2\delta l=\frac{2n+1}{2}L\ ;\ \delta l=\frac{2n+1}{4}L.$$

Substituirt man diefs in Formel (9), so hat man:

$$A^2=[f(l)]^2+\left[f\left(l+\frac{2n+1}{4}L\right)\right]^2$$

Diese Gleichung gestattet zu setzen:

$$f(l)=A.\sin\varphi\ ;\ f\left(l+\frac{2n+1}{4}L\right)=A.\cos\varphi$$

oder:

$$f(l+\tfrac{1}{4}L)=A.\sin\left(\varphi+\frac{\pi}{2}\right)\ \ldots\ldots\ (10)$$

Entwickelt man jetzt neben einander die Reihen:

$$f(l+\Delta l)=f(l)+\frac{df(l)}{dl}\ \frac{\Delta l}{1}+\ldots$$

$$A.\sin(\varphi+\Delta\varphi)=A.\sin\varphi+A\frac{d.\sin\varphi}{d\varphi}\ \frac{\Delta\varphi}{1}+\ldots$$

so erhält man:

$$\frac{\Delta l}{dl}=A.\frac{\Delta\varphi}{d\varphi}\ ;\ d\varphi=A.\frac{\Delta\varphi}{\Delta l}.dl.$$

Und setzt man für Δl und $\Delta\varphi$ die sich nach Formel (10) entsprechenden Incremente von l und φ ein, so wird:

$$d\varphi=\frac{2\pi}{L}dl,$$

folglich:

$$\varphi=\frac{2\pi}{L}l+Const.\ \ldots\ldots\ldots\ (11)$$

wobei die Constante der Werth von φ für $l=0$ ist. Diese Constante läfst sich auf folgende Weise bestimmen. Wenn φ zugleich mit l verschwindet, d. h. beim Beginn der Bewegung, so wird:

$$\varphi=\frac{2\pi}{L}l.$$

Ist nun v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes,

T und t die Zeit, welche während der Fortpflanzung durch die Räume L und l verfliefst, so dafs $L=vT$ und $l=vt$, so läfst sich φ auch ausdrücken durch:

$$\varphi=\frac{2\pi}{T}t.$$

Dieser Ausdruck ist von l unabhängig, und gilt unter der Bedingung, dafs φ und t zugleich verschwinden, d. h. für den Punkt, von dem die lichterzeugenden Bewegungen ausgehen, oder für die Lichtquelle selbst. Von der Lichtquelle aus gelangt die Aetherbewegung in die Entfernung $l=vt'$ erst nach Verlauf der Zeit t'. In der Entfernung l wird daher φ erst einen Werth bekommen, wenn t bis zu t' gewachsen ist, oder schon für $t-t'=0$ verschwinden. Soll daher die vorige Gleichung auf einen um l von der Lichtquelle entfernten Ort angewandt werden, so mufs für t eingesetzt werden $t-t'$. Diefs giebt den allgemeinen Ausdruck für φ:

$$\varphi=\frac{2\pi}{T}(t-t')=2\pi\left\{\frac{t}{T}-\frac{l}{L}\right\},$$

in welchem φ zugleich von l und t abhängig ist. Man hat daher:

$$V=f(l,\, t)=A.\sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{L}\right)\right] \quad \ldots \; (12)$$

Von diesem Ausdrucke für die Geschwindigkeit eines schwingenden Aethertheilchens kommt man leicht auf den zurückgelegten Weg (s) mit Hülfe der Relation $ds=V.dt$, und erhält:

$$s=-A.\frac{T}{2\pi}\cos 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{L}\right).$$

Ein Ausdruck, der, wenn t und s zugleich verschwindend angenommen werden, d. h. wenn für t eingesetzt wird $t+\frac{T}{4}$ übergeht in:

$$s=C\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{l}{L}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \; (13)$$

Formel (12) und (13), die hier streng inductorisch ab-

geleitet worden sind, entsprechen solchen Querschwingungen, bei denen die schwingenden Theilchen durch eine Kraft an ihren Ruhepunkt zurückgedrängt werden, deren Intensität direct zunimmt mit der Entfernung der Theilchen von ihrem Ruhepunkt. Die Gröfse T stellt die Zeit, und C die Weite einer Schwingung vor; L bezeichnet die Länge einer Welle.

§. 8.

Aus den Formeln (12) und (13) lassen sich die Beugungs- und Interferenz-Erscheinungen in ihrem ganzen Umfange und in gröfster Uebereinstimmung mit der Erfahrung theoretisch ableiten. Man braucht dazu nur folgende Lehrsätze:

1) Wird ein Aethertheilchen zugleich von mehreren Schwingungssystemen afficirt, so erfolgt seine Bewegung in der Resultante aus den einzelnen Schwingungen. Die Aetherwellen durchkreuzen sich ohne Störung, und pflanzen sich hinter dem Durchkreuzungspunkte wieder regelmäfsig fort.

2) Jeder Punkt, bis zu dem die Aetherschwingungen gelangt sind, wird Mittelpunkt neuer Schwingungen und sendet neue Wellen (Partial-Wellen) aus. An jedem Orte wird das Licht erzeugt durch die Uebereinanderlage und Durchkreuzung sämmtlicher Partial-Wellen.

Der erste dieser Sätze wird rein mechanisch gerechtfertigt; auf den zweiten führt uns schon eine Analogie. An den Wellen tropfbar-flüssiger Körper haben wir nämlich ein Beispiel von Undulationen, bei denen Schwingungsweite und Zeit so bedeutend sind, dafs die einzelnen Schwingungsphasen sinnlich wahrgenommen werden können. Hält man aber diese Wellen theilweise durch einen Schirm auf, so verbreiten sie sich auch hinter dem Schirme; sie beugen sich so um, als ob sie von den Gränzen des Schirms ausgegangen wären.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VI. *Erläuternde Worte zu der Camera clara dioptrica; erfunden von Baron Ernst v. Leyser.*

Die von Joh. Baptist Porta schon im sechszehnten Jahrhundert gemachte schöne und nützliche Erfindung der Camera obscura litt bei allen ihren trefflichen Eigenschaften doch an einem bedeutenden und wesentlichen Mangel, sofern jenes Instrument nur bei Sonnenschein deutliche Bilder lieferte, und zum Nachzeichnen der letzteren deshalb sich nicht eignete, weil der Zeichner durch das von oben einfallende Licht (des unter 45° geneigten Spiegels) den Schatten seiner Hand und des Zeichenstiftes auf das zum Zeichnen bestimmte Papier bekam, und so nicht sehen konnte, was er mit den Zeichenstift eben ausführte. Zur Abhülfe des eben gerügten Fehlers drehte man in späterer Zeit die Einrichtung um, so daſs nun der Spiegel das von dem Objectivglase empfangene Bild auf eine matte Glastafel reflectirte. Durch diese Einrichtung entstand die sogenannte Camera clara des Hrn. Reinthaler in Augsburg, welche nun schon vor der ursprünglichen Camera obscura die groſsen Vorzüge hatte, daſs die Hand und der Stift des Zeichners von allen Schatten frei waren, und daſs gewöhnliches Tageslicht zum Zweck des Nachzeichnens hinreichte. Allein hier wirkte wieder ein anderer Fehler störend auf die sonst recht lobenswerthe Verbesserung; das auf die transparente Glasfläche entworfene Bild zeigte sich nämlich von der entgegengesetzten Seite, d. h. alle Gegenstände, welche in der Natur *rechts* erblickt wurden, stellten sich auf der Glasplatte *links* dar. — Die Abhülfe dieses letztgenannten Uebelstandes beschäftigte lange Zeit hindurch die Optiker, da man recht wohl einsah, daſs

der Eindruck einer Landschaft von der entgegengesetzten Seite auf den Beschauer bei weitem nicht so günstig seyn kann, als der einer sich *rechts* darstellenden, indem ja das Bild im ersten Falle den eigenthümlichen Charakter verliert und unkenntlich wird. — Weitere Versuche mit doppelten Spiegeln genügten auch nicht; denn obwohl hierdurch die Darstellung des Bildes von *rechts* erzielt werden konnte, so trat doch der neue Uebelstand ein, daſs die Maschine, wegen des vorn angebrachten Spiegels, nicht mehr direct auf den Gegenstand gerichtet werden konnte, sondern in einer Winkelrichtung zu demselben gebracht werden muſste. Der durch doppelte Rückstrahlung hierbei eintretende Lichtverlust war ein weiterer Grund, diese Art von Verbesserung als ungenügend zu erklären. — Noch später vereinfachte man den Mechanismus der Camera obscura vorzüglich in Paris durch *prismatische* Apparate; allein bei der auch hier beibehaltenen Vorrichtung mit der matten Glastafel blieb die Darstellung des Bildes immer *links*.

Das zu allen Zeiten fortbestehende Bedürfniſs, für Maler, Zeichner und Architekten ein gutes optisches Hülfsinstrument zu schaffen, rief dann auch die Erfindung der sogenannten Camera lucida von Wollaston in's Leben, welches Instrument dem kunstliebenden Publicum durch mehrere physikalische und artistische Werke hinlänglich bekannt worden ist. Allein auch dieses Instrument konnte nicht zur allgemeinen Geltung gelangen, weil es bei der Benutzung die Augen sehr angreift und im Verhältniſs zur Camera obscura nur einen kleinen Theil des Objects in's Sehfeld bringt. Ueberdieſs erfordert die Anwendung der Camera lucida zu praktischen Zwecken ein besonderes Studium, indem bei der Beschauung durch das Prisma die Thätigkeit des Auges zwischen dem Object und der Bleistiftspitze, welche auf dem unterliegenden Papier in der Hand des Künstlers die Zeichnung ausführt, gleichsam getheilt ist. Die später von Amici mit

der Maschinerie vorgenommenen Veränderungen fielen ebenfalls nicht genügend aus, so dafs das Instrument auch in dieser neuen Gestalt nicht allgemein Eingang in die Kunstwelt fand.

Noch später erfand der Mechaniker und Optiker Liebisch in Warschau ein Hülfsinstrument für Zeichner (besonders für Architekten), welches nach den Grundsätzen des Storchschnabels construirt war, und wofür dem Erfinder, so viel mir bekannt, vom Kaiser von Rufsland ein Orden verliehen ward. Durch dieses Instrument welches die Benennung: Pantograph, erhielt, erblickte das Auge des Zeichners durch ein Visir die Gegenstände in der Natur, und zugleich eine Nadelspitze, welche, mit der Hand des Zeichners in Verbindung stehend, alle Bewegungen des Zeichnenstiftes mitmachte. Der Mechaniker Hofmann in Leipzig erhielt für eine kleine Verbesserung dieses Instruments das Privilegium, es nur allein fertigen zu dürfen.

Trotz der weiteren, in Frankreich und England mit dem Pantograph vorgenommenen Versuche zur möglichsten Vervollkommnung desselben zum Gebrauch für Künstler, ist dieses Instrument doch allmälig in Vergessenheit gerathen. Der Grund hiervon dürfte wohl hauptsächlich darin zu suchen seyn, dafs bei diesem Instrument nicht eine unmittelbare und totale Darstellung des Bildes zu erzielen ist, und dafs der Zeichner vielmehr dasselbe erst durch geschickte Leitung des Stiftes in partieller Aufeinanderfolge schaffen mufs, zu welcher Operation schon eine besondere Uebung erfordert wird. Es dürfte sonach das vollständig geschaffene verjüngte Bild der Natur, wie es vorzugsweise die Camera clara liefert, für Dilettanten jedenfalls genügend seyn; denn hier wird auch der Ungeübteste im Stande seyn einen Umrifs von dem auf die matte Glastafel entworfenen Bilde zu machen, indem er die Formen blofs mit dem Crayon zu umzeichnen braucht.

Endlich in neuester Zeit erhielt das Wirken der Camera eine ganz andere Richtung, und nimmt in dieser nur einen untergeordneten Rang ein, indem es nur als ein Hülfsinstrument bei einem chemischen Procefs, Lichtbilder zu erzeugen, dient. Es ist hier von der für die Physik so wichtigen Entdeckung des nach seinem Erfinder sogenannten Daguerreotyp die Rede, welcher Apparat bekanntlich durch vorgängige chemische Proceduren auf versilberte Platten den getuschten Zeichnungen ähnliche Bilder malt, welche Bilder aber die *Pracht der Farben* entbehren, und überdiefs nur unter einer besonderen Richtung deutlich zu sehen sind, und endlich sind die meisten dieserartigen, selbst vervollkommneteren Bilder von der entgegengesetzten Seite dargestellt.

Obwohl nun die Fabrication der eben erwähnten Lichtbilder die Aufmerksamkeit des gesammten kunstliebenden Publicums zu absorbiren scheint, und die Camera clara in ihrer selbstständigen Bedeutung vernachlässigt wird, und selbst ganz vergessen zu werden droht, so dürfte es doch wohl an der Zeit seyn, den von der Natur so herrlichen colorirten Bildern ihr wohlverdientes Recht in der Kunstwelt wiederzugeben, wenn anders es gelungen wäre, die Camera clara, von allen früheren Mängeln befreit, in einer neuen, alle billigen Ansprüche der Kunst befriedigenden Form und Wirkungsweise darzustellen.

Und so hatte ich es mir seit mehreren Jahren im Interesse der höheren Kunst zur Aufgabe gemacht, das für die darstellende Kunst so wichtige Instrument, die Camera clara, von allen seinen Mängeln zu befreien und zu möglichster Vollkommenheit zu bringen. Dieses Ziel glaube ich nun nach mehrjährigen mühevollen Forschungen und für mich nicht unbedeutenden Geldopferungen erreicht zu haben, und erlaube mir die Eigenschaften der von mir erfundenen dioptrischen Camera clara in den allgemeinsten Zügen darzulegen.

Die Leyser'sche Camera clara unterscheidet sich von allen anderen derartigen Instrumenten dadurch:

1) daſs sie die empfangenen Bilder *rechts*, wie in der Natur, mit aller Farbenschönheit an eine *transparente perpendiculäre* Fläche malt;
2) daſs sie *keinen Spiegel* nöthig hat, und sonach *keinen Lichtverlust erleidet;*
3) daſs sie mit einem und demselben Rohre die Erreichung fast *aller Gröſsen* gestattet, und zwar durch bloſses Verkürzen oder Verlängern des beweglichen Rohres;
4) läſst sie fast gar keinen Unterschied in der Deutlichkeit der nahen und fernen Gegenstände bemerken, auch wird keine Krümmung der in der Natur geraden Linien sichtbar, und ist die Beleuchtung des Bildes bis an den Rand scharf und klar, und endlich
5) besitzt sie ein Sehfeld von 35° bis 40°, und kann direct auf den Gegenstand gerichtet werden.

Ich schreite nun zur Lösung des zweiten und wichtigsten Theils meiner vorliegenden Aufgabe: zur Darlegung der Geschichte des von mir erfundenen Instruments zugleich mit der Exposition seiner Construction.

Da ich mich schon von frühester Jugend mit Begeisterung und Eifer dem Studium der Malerkunst zuwendete, muſste zugleich das Bedürfniſs in mir rege werden, einen geschickten Lehrer leitend zur Seite zu haben. Fern von der Stadt auf einem Landsitze erzogen, glaubte ich einen solchen in der Camera clara gefunden zu haben, die mir in der zauberhaften Darstellung der Natur in farbenprächtigen Bildern den hohen Genuſs gewährte, die Natur als das höchste Object der bildenden Kunst künstlerisch anschauen und studiren zu können. Mein in späterer Zeit von mir erkohrener Lehrer, der berühmte Meister, Professor Moritz Retzsch, der mein Interesse für die Camera lebhaft theilte, widmete dem Instrumente, welches ich damals noch ganz nach den alten Regeln construirt hatte, trotz seiner beschränkten Zeit, viel Aufmerksamkeit, vereinigte sich mit mir zu den Versuchen zum

Nachzeichnen belebter Gegenstände, wie Portraits etc., die so befriedigend ausfielen, dafs selbst jeder Nichtkenner von der Wahrheit in diesen so schnell gefertigten Umrissen ergriffen werden mufste, und bin ich noch im Besitze von derartigen Zeichnungen aus jener Periode. Unsere Freude wurde indefs immer durch den Uebelstand getrübt, dafs die Camera uns immer nur ein umgekehrtes Bild der Natur gewährte, und mein grofser Meister, der mein lebhaftes Interesse für das Instrument kannte, sagte mir oft scherzend, es sey *meine* Aufgabe, die gerügte Unvollkommenheit der Camera zu beseitigen. Diese scheinbar im Scherze gegebene Anregung des grofsen Meisters wurde aber für mich zum mächtigen Impuls, selbstständig tiefer in das Studium der Optik einzudringen. Was mir damals die Literatur der Optik über meinen Gegenstand Belehrendes zu bieten vermochte, wurde mit Eifer durchforscht; aber Befriedigung fand ich in der Hauptsache nirgends. Die von einigen Optikern ausgegangene Idee, durch zwei um die Summe ihrer Brennweiten auseinandergestellte Linsen die Darstellung der Bilder in der Camera *von rechts* zu erlangen, war zwar längst durch Versuche realisirt worden, aber das Resultat konnte deshalb nicht vollkommen genügend ausfallen, weil bei längeren Brennweiten eine zu grofse Länge des Rohres erfordert wurde und das Bild zu klein erschien, und bei kürzeren Brennweiten keine Deutlichkeit des Bildes zu erringen war. Ich kam nun zuerst auf die Idee, noch ein drittes Linsenglas in den Apparat zu bringen, und obwohl dieser Versuch in sofern gut ausfiel, als ein gröfseres Sehfeld entstand, so fehlte es doch den erzielten Bildern immer noch an vollkommener Schärfe und an genügendem Licht. Unbefriedigt verliefs ich diese Richtung meiner Forschungen und wendete mich zu den Versuchen mit dem rechtwinklichen Prisma. Durch Versuche fand ich auch endlich eine Stellung des Prismas hinter dem Objectiv auf, die es gestattete, in der ge-



wöhnlichen Camera clara das Bild auf der horizontalen matten Glastafel *rechts* erscheinen zu lassen. So grofs auch die Freude über die gemachte Entdeckung war, so wurde ich bald gewahr, dafs die Ausführung sehr schwierig blieb, einmal weil es schwer hält Prismen von *reiner* Glasmasse in einer etwas bedeutenderen Gröfse zu erhalten, und dann, weil bei dieser Einrichtung der Spiegel nicht zu entbehren ist, dessen Wirkung in der günstigsten Stellung doch immer einen Lichtverlust setzt. Dieser letztere Umstand insbesondere veranlafste mich zu den verlassenen Versuchen zurückzukehren, um mit einem neuen Aufwand von nicht unbedeutenden Kosten neue Versuche mit *achromatischen Objectiven* zu machen, die ich statt der einfachen Linsen anwendete. Nachdem ich eine grofse Anzahl solcher theuern Objective den Versuchen geopfert und so manches Instrument seiner Zierde beraubt hatte, glaubte ich ein glückliches Resultat erlangt zu haben, in sofern ich auf diesem Wege ein *rechts* dargestelltes und scharf begränztes Bild auf einem ziemlich grofsen Sehfeld erlangt hatte. Aber auch hierbei konnte ich nicht stehen bleiben, weil der Realisirung meines Ideals immer noch der Mangel entgegenstand, dafs das Licht auf diesen Bildern sich zu sehr auf den Mittelpunkt concentrirte und sich nicht gleichmäfsig über das ganze Bild verbreitete. Jetzt galt es abermals die Lösung eines neuen und vielleicht noch schwereren Problems, nämlich die Herbeischaffung eines genügenden, gleichmäfsig sich auf das durch meine Forschungen gefundene Bild *von rechts* verbreitenden Lichtes. Durch meine bis dahin gewonnenen practischen Erfahrungen mehr befähigt, gelang es mir nun auch bald, das Endziel meiner Forschungen zu erreichen. Die Einfügung eines Beleuchtungsglases in den dioptrischen Apparat gab den Ausschlag, und krönte so meine rastlosen Bemühungen mit dem schönsten Erfolg. Denn ich glaube dem kunstsinnigen Publicum in meiner Camera ein in seiner Art vollkommenes Instrument darzu-

bieten, ein Ergebnifs, das mir auf dem mühevollen Wege meiner Forschungen immer als das glänzendste Endziel vorleuchtete.

Nachdem ich hier mit vergleichenden Rückblicken auf Geschichte und Bedeutung der Camera obscura und ihrer Varietäten überhaupt die Entstehungsgeschichte und die Eigenthümlichkeiten und Vorzüge des von mir erfundenen Instruments in Kürze dargelegt, gehe ich nun weiter zur

Construction der Camera clara dioptrica.

Ich behalte diesen Namen für das von mir erfundene Instrument vorläufig bei, bis dafs ein Philolog vom Fach sich desselben annehmen und mit einem passenderen griechischen Namen taufen wird (entlehnt davon, dafs es die Bilder rechts darstellt).

Ich erwähne nochmals, dafs es mein Wunsch und das Ziel meiner Forschungen war, ein brauchbares Hülfsinstrument für Zeichner, eine unfehlbare Copiermaschine der Natur, zu construiren, und gebe nun, da ich zu so befriedigenden Resultaten gelangt, und in der Hoffnung, den Künstlern und den Freunden der Kunst einen gewifs nicht unwesentlichen Dienst zu leisten, das Geheimnifs meiner Erfindung in der Construction des dioptrischen Apparates der Camera clara mit Freudigkeit dahin, auf dafs Wissenschaft und Kunst zugleich so viel Belehrung und Nutzen daraus ziehe, als es nur immer zu gewähren vermag.

Es ist ein schon längere Zeit in der Optik festgestellter Erfahrungssatz, dafs wenn man zwei convexe Linsen von kurzer Brennweite um etwas mehr als die Summe ihrer Brennweiten auseinanderstellt, die Darstellung eines aufrechten Bildes erzielt wird. Das durch diesen Apparat hervorgebrachte Bild ist aber so klein und dunkel, dafs es, wie man sich leicht überzeugen kann, zu practischen Zwecken nicht anwendbar, weshalb auch

die Optiker diese Zusammenstellung nicht weiter beachtet haben. Mir jedoch diente diese Erfahrung als Fingerzeig und Wegweiser bei der Construction meines Apparates, der glücklichere Resultate lieferte, aber allerdings auch aus etwas kostbareren Materialien, als aus zwei einfachen Linsen besteht. Die Wirkung aber entschädigt hier hinlänglich den gröfseren Kostenaufwand.

Zur Herstellung des Instruments sind folgende Materialien erforderlich:

Vier Stück zweifache *achromatische* Objectivgläser, eine einfache Hülfslinse, ein grofses Sammelglas und eine mattgeschliffene Glastafel.

Ich beginne mit der Beschreibung des vorderen Rohres, als dem wichtigsten Theile des Instrumentes. Taf. III Fig. 1 zeigt den Durchschnitt des in dem Instrumente vorn eingesetzten Rohres nebst den dazu gehörigen Gläsern in natürlicher Gröfse.

Das vordere Objectiv *a* und *b*, welches aus einem *zweifachen achromatischen Objectivglas a* und einem *einfachen Linsenglas b* (welches letztere zur Herstellung einer möglich kurzen Brennweite vor das achromatische gestellt ist) zusammengesetzt ist, besteht nothwendig aus diesen *zwei* Theilen, indem es sehr schwierig wäre, die geforderte Wirkung durch *ein* Glas zu erreichen, da die gesammte Brennweite der beiden Gläser noch nicht 5 sächsische Zoll erreichen darf, und die Rundung der Kugelfläche schon bedeutend auf ein Glas wirken würde. Beide Gläser *a* und *b* haben 18 Linien Oeffnung und 8 sächsische Zoll Brennweite, bilden aber in ihrer Zusammenstellung Eins von ungefähr $4\frac{1}{2}$ sächsische Zoll Brennweite. Die *convexen* Flächen sind nach aufsen, dem abzubildenden Gegenstande zugekehrt. Diese zwei Gläser, auf deren Güte sehr viel ankommt, bilden den Inhalt des kleineren Rohres *c*, welches sich in dem gröfseren Rohre *d* hin und her bewegen läfst.

Das gröfsere Rohr *d* enthält erstens *zwei einfache*

achromatische Objectivgläser *e* und *f*, deren jedes 8 Zoll Brennweite hat, die aber in ihrer Vereinigung Ein Glas von ungefähr $4\frac{1}{2}$ sächs. Zoll Brennweite bilden.

Diese zwei egalen Gläser müssen den gröfsten Durchmesser vor allen übrigen im Rohre haben, weil sonst das Sehfeld in seiner Gröfse verringert würde. 24 Linien Oeffnung sind für diese beiden Gläser erforderlich. Sie sind mit ihren *convexen* Flächen dem inneren Theil der Camera zugewendet.

Es folgt nun das letzte Glas im Rohre, ein *achromatisches* Objectivglas *g*, von 6 sächs. Zoll Brennweite und 20 Linien Oeffnung, welches seine *convexe* Crownglasfläche wieder nach vorn dem Gegenstande zukehrt. Es ist dieses fünfte und letzte Glas im Rohre, welches dem Bilde das grofse Sehfeld und die Schärfe verleiht. Ueber die Anordnung und Bedeutung des Beleuchtungsglases werde ich das Nöthige in dem nun folgenden mathematischen Beweis für die Richtigkeit meiner Construction und deren präcise Wirkung beibringen. Taf. III Fig. 2 gewährt die figürliche Darstellung hierzu.

Es sey der abzubildende Gegenstand ein Kreuz *o*, welches zunächst von dem doppelten Vorderglas *a* und *b* empfangen wird. Die beiden Strahlen *p* und *q*, welche von den Endpunkten des Kreuzes *o* durch das Objectiv *a* und *b* gehen, kreuzen sich hinter diesem Glase, und stellen daher in dem Brennpunkt *c* das Kreuz *o* in der Convergenz umgekehrt dar. Von dort empfangen die drei hintersten Gläser *c*, *d* und *f* das umgekehrte Bild *o*, und stellen es hinter sich bei *g* wieder aufrecht dar. Von diesem Punkte *g* aus durchlaufen die Strahlen *g* und *h* divergirend das *Beleuchtungsglas i*, welches Glas dem Bilde erst das wahrhaft zauberische Licht und die schönste Vollkommenheit giebt. Der Durchmesser dieses Beleuchtungsglases mufs gleich seyn der gewünschten Gröfse des Sehfeldes. Die Brennweite für dieses Glas kann auf 9 Zoll Oeffnung 14 Zoll betragen, obwohl

wohl hier die Differenz um einen Zoll nicht von großer Bedeutung ist, da es wesentlich nur zur Beleuchtung dient. — Jedoch ist dieses Glas das *theuerste* Stück am ganzen Instrumente, und ist bis jetzt in dieser Gröſse nur aus Paris zu erlangen gewesen. Wichtig ist, daſs die Flächen dieses Glases nicht von gleicher Convexität sind, da die eine erhabenere Fläche dem Auge des Beschauers zugekehrt seyn muſs. Wird diese letzte Regel nicht genug beobachtet, so entsteht sofort eine Strahlenverwirrung und das Bild erscheint wie verwischt.

Dieses in dem Apparat so bedeutungsvolle Beleuchtungsglas wirft das Bild auf die mattgeschliffene Glastafel *k*, welche 4 Zoll entfernt vom Beleuchtungsglas steht, und auf welcher sich nun das Bild in aller Farbenpracht dem Beschauer präsentirt.

Es ist in der Anordnung des Apparats mit Genauigkeit den hier gegebenen Regeln zu folgen; denn sobald nur eine einzige Fläche regelwidrig gewendet oder gar ein Glas weniger dazu verwendet wird, so ist das Bild vernichtet.

Die gröſste Schwierigkeit und die höchste Aufgabe bei dieser Erfindung bestand darin: die Abweichung der Kugelflächen zu beseitigen und ein groſses Sehfeld mit brillantem Licht zu schaffen.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Auſsenseite der Camera über. Das Instrument erhält das gefälligste Ansehen durch eine achtkantige Birnenform. Da man diese Camera wie ein Fernrohr direct auf den Gegenstand richten kann, welches bei der practischen Anwendung einen groſsen Vortheil gewährt, so ist ein Stativ, welches die verticale und horizontale Bewegung zuläſst, sehr passend. Das ganze Gehäuse fertigt man der Leichtigkeit wegen von Holz, Pappe oder Blech.

Taf. III Fig. 3 stellt die Seiten-Ansicht der Camera dar.

A. Das birnenförmige Gehäuse. — *B*. Das vordere

Rohr, welches in das birnenförmige Gehäuse *A* gut eingepaſst seyn muſs, damit es sich bequem stellen lasse. — *C.* Eine Sonnenblende, über das Auszugsrohr zu stecken, um das falsche Seitenlicht abzuhalten. — *D.* Das Stativ von Holz mit verticaler und horizontaler Beweglichkeit. — *E.* Deutet den Ort des groſsen Sammel- oder Beleuchtungsglases an, welches 13 Zoll vom vorderen Zugrohr entfernt stehen muſs. — *F.* Giebt den Ort für die mattgeschliffene Glastafel an. — *G.* Ein Schirm, auf das birnenförmige Gehäuse zu stecken, zur Abhaltung des blendenden Seitenlichts. — *H.* Das Auge des Beschauers. — *I.* Eine in dem Gehäuse nöthige Thür, zur Einführung des Beleuchtungsglases und der matten Glastafel. — *K.* Ein Tisch, worauf das Instrument steht.

Eine Berechnung der äuſseren und inneren Kugelflächen für die achromatischen Objective in dem Instrument beizugeben, hielt ich für überflüssig, da es Werke genug giebt, die hierüber genügenden Aufschluſs geben, und nenne ich von vielen hierher gehörenden physikalischen Werken nur: »Barfuſs, *populäre Optik* und Prechtls *Anweisung, gute Fernröhre zu bauen.*« Ohnehin setze ich mit Recht voraus, daſs jeder Optiker das Glas kennen muſs, welches er bearbeitet, und daher nur aus Erfahrung die besten Verhältnisse finden kann.

Noch eine nothwendige Bemerkung erlaube ich mir aus practischer Erfahrung mitzutheilen, und dem Verfertiger solcher Instrumente pflichtschuldigst als einen wichtigen Fingerzeig an die Hand zu geben. Man hüte sich nämlich sehr, *grünes Crownglas* zu den achromatischen Objectiven zu nehmen, man würde dadurch ein grün gefärbtes und sehr dunkles Bild erhalten. Wiederholt und auch noch in jüngster Zeit angestellte Versuche haben bewiesen, daſs grüne Glasmasse zu dergleichen Apparaten durchaus untauglich ist. Man wähle daher ja recht lichte Glasmasse, und sehe vorzüglich auf groſse Härte und Tüchtigkeit der Masse zum Crownglas.



Nachdem nun auch die äufsere und innere Construction der Camera clara dioptrica ausführlich dargelegt worden, bleibt mir noch übrig, über die Anwendung des Instruments zu künstlerischen Zwecken einige practische Regeln aufzustellen.

Wenn man den Apparat zum Beschauen oder zum Nachzeichnen der Bilder der Natur benutzen will, so suche man vor allen Dingen die Maschine auf gut beleuchtete Gegenstände zu richten, und zwar nie gegen die Sonne, weil dann der Apparat nicht wirken kann. Ferner suche man sich mit dem Instrument wo möglich in's Dunkel zu stellen, um das Licht von der matten Glastafel abzuhalten, weil, wenn Licht auf dieselbe fällt, das auf ihr erzeugte transparente Bild nicht gesehen werden kann. So aber die Localität es nicht anders erlauben sollte, so ist man genöthigt einen Vorhang über sich zu hängen, da die Abhaltung des Lichts von der matten Glastafel eine unveräufserliche Bedingung bleibt. Diese Tafel ist durch ihren Schliff sehr gut geeignet, unmittelbar darauf zeichnen zu können, und man bringt mit dem Bleistift die feinsten Striche darauf hervor. Die auf der Glastafel entworfene Zeichnung kann man mit leichter Mühe auf's Papier durchzeichnen und dann das Glas für einen neuen Umrifs reinigen.

Da dieses Instrument den Vorzug besitzt, in einer und derselben Entfernung verschiedene Gröfsen der Gegenstände hervorzubringen, so ist diefs gewifs sehr vortheilhaft für den Zeichner, der nichts weiter zu thun hat, als das Rohr, welches in dem Gehäuse verschiebbar ist, je nach dem Bedürfnifs heraus oder hinein zu bewegen. Zieht man das Rohr heraus, so vergröfsern sich die Gegenstände; wird es nach einwärts geschoben, so werden sie kleiner. Jedoch ist dabei die Regel zu beobachten, dafs man dann auch jedesmal das kleinere Rohr, welches in dem gröfseren steckt, anders stellen mufs, um die Deutlichkeit des Bildes wieder herzustellen.

Der Maler wird, wenn er auch das Instrument nicht zum Nachzeichnen benutzt, aus dem blofsen Anschauen der dargestellten Bilder für seine Studien grofsen Nutzen ziehen; er wird über viele Schwierigkeiten in der Darstellung der Bilder Aufschlufs erhalten, indem die Natur concentrirt auf einer Fläche gemalt erscheint. Die tiefsten Geheimnisse der sinnigsten Farbenmischung in der Natur, sie erschliefsen sich hier dem Auge des Forschers. Jeder wird unwillkührlich von der Wahrheit und Treue ergriffen, mit der die belebten und unbelebten Gegenstände sich hier präsentiren, und ganz besonders schön nimmt sich hier in der Umrahmung ein lichtumflossener, zart weiblicher Kopf aus.

Um Portraits durch Vermittlung der Maschine zu zeichnen, mufs man sich schon einige Uebung und Fertigkeit erworben haben, da wohl nur wenig Personen so ganz unbeweglich still sitzen können. An dem Instrument, dessen ich mich bediene, ist die Correction mit Zahn und Trieb gleich links neben der, auf einem Stock ruhenden Hand angebracht, so dafs man den schärfsten Punkt der Darstellung auf das Genaueste suchen kann.

Um Personen mit sehr unruhiger Blutbewegung bei der Sitzung zum Portrait doch in möglichster Ruhe erhalten zu können, bedient man sich zweckmäfsig eines Stückes Rohr von Pappe, darin der Hinterkopf des zu Portraitirenden pafst, so dafs sich derselbe in diesem Rohre fixirt fest an die Wand anlegt.

Professor Martin in Wien bedient sich beim Daguerreotypiren der genannten Vorkehrung.

Am Schlusse dieser Abhandlung sey es mir noch erlaubt, frei von aller Animosität, eine vergleichende Parallele zwischen dem Daguerreotyp und meinem Instrument zu ziehen, wobei sich die Vorzüge, welche das letztere bei der practischen Anwendung zu künstlerischen Zwecken besitzt, von selbst herausstellen. Zuvörderst was den so wichtigen Zeitaufwand betrifft, so nehmen

die chemischen Präparationen der Platten sehr viel Zeit in Anspruch, während mit meinem Instrument der gewünschte Umrifs von dem aufzunehmenden Gegenstande in wenigen Secunden vollkommen fertig erlangt wird, indem es beim Daguerreotypiren nach der Sitzung immer noch problematisch bleibt, ob das Bild gelungen ist, so dafs dann in der That oft mehrere Sitzungen nöthig werden, ehe dafs ein treues Portrait gelingt. Dazu kommt zugleich, dafs der Künstler sich erst eine besondere Fertigkeit in den chemischen Operationen erwerben mufs, und überdiefs ohne Gehülfen wohl kaum arbeiten kann. Ferner gewährt mein Instrument den grofsen Vortheil, den aufzunehmenden Gegenstand in den verschiedensten Gröfsen, selbst bis zur Lebensgröfse aufzunehmen, was bei dem Daguerreotyp absolut unerreichbar ist. Von dem so fruchtreichen Studium der Coloratur in der Natur, wie es die Bilder meines Instruments gewähren, ist beim Daguerreotyp schon gar nicht die Rede. Die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, der Güte der chemischen Reagentien beim Daguerreotypiren fällt bei meinem Instrumente ganz weg. Noch Vieles könnte ich zur Hervorhebung meines Instrumentes beibringen, unterlasse aber solches in der Hoffnung, dafs dasselbe recht bald vielfachen Eingang in die Kunstwelt finden und in seinem Wirken die eindringlichste Fürsprache für sich selbst führen werde.

VII. *Ueber die vortheilhafteste Construction thermo-elektrischer Apparate;*
von A. F. Svanberg.

Prof. der Physik in Upsala.

(Aus einer vom Verf. mitgetheilten Dissertation.)

Zu einem thermo-elektrischen Apparat gehört erstens eine Säule zur Hervorbringung des elektrischen Stroms, und zweitens ein Galvanometer, zu dessen Wahrnehmung und Messung. Damit der gröfst mögliche Effect entstehe, ist es nothwendig, beide Theile in ein gewisses Verhältnifs zu einander zu setzen. Ist das Galvanometer gegeben und man will eine Säule von ebenfalls gegebenem Querschnitt construiren, so mufs diese aus einer gewissen Anzahl von Paaren zusammengesetzt werden; ist dagegen die Säule gegeben und man will ein Galvanometer mit einem Draht von bestimmtem Querschnitt construiren, so mufs die Anzahl der Windungen darnach festgesetzt werden. Der Mangel guter Verhältnisse zwischen diesen beiden Theilen ist wohl die Ursache, weshalb man so ungemein selten thermo-elektrische Apparate findet, von der Empfindlichkeit, auf welche sie gebracht werden können. Physiker, selbst die, welche wohl mit Ohm's Theorie der dynamischen Elektricität bekannt sind, und welchen die Wissenschaft sehr viel verdankt, haben nicht alle hieher gehörigen Umstände recht in Betracht gezogen. Wenn z. B. Pouillet sagt, dafs die Anzahl der Drahtwindungen des Galvanometers ohne Einflufs ist, so gilt diefs natürlich nur unter der Voraussetzung, dafs, gegen deren Leitungswiderstand, der der Säule ein verschwindender ist. Dafs nun aber diefs bei den gewöhnlichen thermo-elektrischen Säulen nicht der Fall ist, ist leicht einzusehen. Nach Lenz ist näm-

lich [1]), wenn man das Leitungsvermögen des Kupfers mit 100 bezeichnet, das vom

Antimon $=8{,}87$, Wismuth $=2{,}58$.

Hat man also eine Säule aus 50 Paaren Wismuth- und Antimonstäben, jeden von 0,04 Meter Länge, so wird die reducirte Länge eines Kupferdrahts von demselben Querschnitt und demselben Widerstand wie die Säule:

$$=0{,}04\times 50\times\left(\frac{100}{8{,}87}+\frac{100}{2{,}58}\right)=100{,}08 \text{ Meter.}$$

Diefs ist, wie man sieht, ein nicht unbedeutender Widerstand, der vollkommen vergleichbar ist mit dem in allen zum thermo-elektrischen Behufe anwendbaren Galvanometern. Der von Fechner beschriebene Galvanometer, bestehend aus einem breiten, blofs einen Umgang machenden Kupferstreifen, scheint auch auf die Voraussetzung gegründet zu seyn, dafs die Multiplication unvortheilhaft sey, was aber, wie wir sogleich sehen werden, nicht der Fall ist.

Um den galvanometrischen Effect thermo-elektrischer Ströme und die denselben bedingenden Umstände richtig zu beurtheilen, wollen wir denselben mit S bezeichnen. Dann ist:

$$S=\frac{mnK}{r+r'+R},$$

worin m die Zahl der galvanometrischen Windungen, n die Zahl der Stäbepaare der Säule, K eine mit der elektromotorischen Kraft eines jeden Paares proportionale Gröfse, die aber übrigens von der Form des Galvanometers und dem magnetischen Zustand der astatischen Nadel abhängt; ferner r, r' und R der Leitungswiderstand für Elektricität in der Säule, dem Galvanometer und dem beide vereinigenden Theil der Kette.

Ist nun: $l=$ Länge jedes Wismuth- oder Antimonstabes in der Säule; $\alpha=$ dessen Querschnitt; $\lambda=$ Leitungswiderstand des Antimons; $\lambda'=$ der des Wismuths;

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XLIV S. 346.

l' = Länge des kupfernen Galvanometerdrahts; α' = Querschnitt dieses Kupferdrahts oder der Kupferstange; Λ = Leitungswiderstand des Kupfers; L = Länge des die Säule mit dem Galvanometer verbindenden Stücks mit dem Querschitt A und dem Leitungsvermögen Λ; so wird:

$$r=\frac{nl}{\alpha\lambda}+\frac{nl}{\alpha\lambda'}=\frac{nl}{\alpha}\left(\frac{1}{\lambda}+\frac{1}{\lambda'}\right)$$

$$r'=\frac{l'}{\alpha'\Lambda} \text{ und } R=\frac{L}{A\Lambda},$$

folglich:

$$S=\frac{mn\Lambda K}{\frac{nl}{\alpha}\left(\frac{\Lambda}{\lambda}+\frac{\Lambda}{\lambda'}\right)+\frac{l'}{\alpha'}+\frac{L}{A}} \quad \ldots\ldots (1)$$

Aus diesem Ausdruck erhellt, daſs es am vortheilhaftesten ist, $\frac{L}{A}$ so klein zu machen, als es sich mit dem Zweck des Apparats vereinbaren läſst. Ich hebe diesen Umstand hervor, da wir finden werden, daſs die vortheilhaftesten Werthe von m und n sehr kleine Zahlen sind. Wir wollen in Folge dieses Umstandes den Querschnitt der Säule als ein Quadrat von dem Flächeninhalt $2a$ annehmen, und denselben theilen in n Wismuth- und n Antimonscheiben, deren eine Seite sämmtlich $=\sqrt{2a}$ und deren andere $=x$, und die zwischen sich den Abstand $=\delta$ haben. Dann ist:

$$2a=\sqrt{2a}(2nx+(2n-1)\delta) \;;\; x\sqrt{2a}=\alpha,$$

woraus:

$$\alpha=\frac{a-(n-\frac{1}{2})\delta\sqrt{2a}}{n}.$$

Ist die ganze zu den oberen Galvanometerwindungen bestimmte Querschnittsfläche $=A'$, die verticale Seite jeder Windung $=b$, die horizontale $=y$, und der Abstand zwischen ihnen $=\delta'$, so ist:

$$A'=b(my+(m-1)\delta') \;;\; by=\alpha',$$

woraus:

$$a' = \frac{A' - (m-1)\delta' b}{m}.$$

Es bezeichne auch L' die Länge einer jeden Windung, oder es sey:

$$l' = mL'.$$

Durch Substitution dieser Gröfsen in Gleichung (1) erhält man:

$$S = \frac{mnAK}{\frac{n^2}{N}\cdot\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)+\frac{m^2}{M}\cdot\frac{L'}{A'}+\frac{L}{A}} \quad \ldots \quad (2)$$

wenn Kürze halber gesetzt wird:

$$N = 1-(n-\tfrac{1}{2})\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\,;\quad M = 1-(m-1)\frac{\delta' b}{A'}.$$

Das Maximum von S bei Variation von n und m wird erhalten durch die Gleichungen:

$$\frac{dS}{dn} = 0 \qquad \frac{dS}{dm} = 0,$$

welche geben:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\left(\frac{n^2}{N}-\frac{n^3}{N^2}\cdot\frac{dN}{dn}\right) = \frac{m^2}{M}\cdot\frac{L'}{A'}+\frac{L}{A}$$

und:

$$\frac{L'}{A'}\left(\frac{m^2}{M}-\frac{m^3}{M^2}\cdot\frac{dM}{dm}\right) = \frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\frac{n^2}{N}+\frac{L}{A},$$

oder weil:

$$\frac{dN}{dn} = -\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\;;\quad \frac{dM}{dm} = -\delta'\frac{b}{A'},$$

auch:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\left(1+\frac{\delta}{2}\sqrt{\frac{2}{a}}\right)\frac{n^2}{N^2} = \frac{m^2}{M}\cdot\frac{L'}{A'}+\frac{L}{A} \quad \ldots \quad (3)$$

und:

$$\frac{L'}{A'}\left(1+\frac{\delta' b}{A'}\right)\frac{m^2}{M^2} = \frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\frac{n^2}{N}+\frac{L}{A} \quad \ldots \quad (4)$$

Durch Addition und Subtraction dieser Gleichung erhält man folgende, zur Berechnung von m und n weit dienlichere:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\cdot\frac{n^2}{N^2}+\frac{L'\delta'b}{A'^2}\cdot\frac{m^2}{M^2}=\frac{2L}{A}\;\ldots\;(5)$$

und:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\frac{Cn^2}{N^2}=\frac{L'}{A'}\cdot\frac{Dm^2}{M^2}\;\ldots\ldots\;(6)$$

wo Kürze halber gesetzt ist:

$$C=2-(n-1)\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\;;\quad D=2-(m-2)\frac{\delta'b}{A'}.$$

Die ersten genäherten Werthe m' und n' zu diesen beiden Gleichungen bekommt man, wenn man in N, M, C und D die Gröfsen δ und δ' fortwirft. Diefs giebt:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)\delta\sqrt{\frac{2}{a}}.n'^2+\frac{L'\delta'b}{A'2}.m'^2=\frac{2L}{A}\;\ldots\;(7)$$

und:

$$\frac{l}{a}\left(\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}\right)n'^2=\frac{L'}{A'}m'^2\;\ldots\ldots\;(8)$$

aus welchen Gleichungen m' und n' leicht zu finden sind. Die berichtigten Werthe von m und n erhält man aus (5) und (6), wenn man darin macht:

$$N=1-(n'-\tfrac{1}{2})\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\,,\quad M=1-(m'-1)\frac{\delta'b}{A'}$$

$$C=2-(n'-1)\delta\sqrt{\frac{2}{a}}\,,\quad D=2-(m'-1)\frac{\delta'b}{A'}.$$

Um den entsprechenden gröfsten Werth von S zu finden, mufs man erwägen, dafs dieser in der Nähe seines Maximums nur unbedeutend variiren kann. Deshalb mufs es für erlaubt zu halten seyn, in (1) zu setzen $m=m'$ und $n=n'$. Wenn man Kürze halber macht:

$$\frac{A}{\lambda}+\frac{A}{\lambda'}=\gamma$$

erhält man folglich nach vollzogener Substitution:

$$S=\frac{2\sqrt{aA'}.AK}{4(\gamma lL)^{\frac{1}{2}}+\left(\frac{2L}{A}\right)^{\frac{1}{3}}(\gamma lL')^{\frac{1}{6}}\left(\delta\sqrt{2L'}+\delta'b\sqrt{\frac{\gamma L}{A'}}\right)^{\frac{2}{3}}}$$

oder wenn man δ und δ' fortwirft:

$$S = \frac{A}{2}\sqrt{\frac{aA'}{\gamma l L'}} . K,$$

woraus erhellt, dafs dieses Maximum von S variirt geradezu wie die Quadratwurzel aus a und A', und umgekehrt wie die Quadratwurzel aus l und L'.

Der Universitätsmechanikus **Backman** hat für das physikalische Kabinett in Upsala einen thermo-elektrischen Apparat von folgender Construction angefertigt. Die Multiplication im Galvanometer ist bewerkstelligt durch vierkantige Kupferstäbe, die vier Umgänge bilden, jeden von 18 Centimet. Länge; die Stäbe haben eine gemeinschaftliche Höhe von 0,67 Centimet. und 0,78 Breite. Der horizontale Abstand zwischen denselben ist =0,05 Centim., mit Ausnahme des zwischen den beiden mittlichen, der gröfser ist, um die astatische Nadel hindurchführen zu können. Die beiden Enden der Kupferstäbe laufen an einer und derselben Seite parallel mit einander aus, und endigen in cylindrischen Zapfen, um an die andern Theile des Apparats festgeschraubt werden zu können. Der untere Theil eines jeden Kupfer-Umgangs ist eingelassen in ein cylindrisches Holzstück, das um eine Axe drehbar ist, um die Magnetnadel auf den Nullpunkt des Limbus einstellen zu können. Der Limbus ist mit Tafft gefüttert und durch weiches Wachs unmittelbar auf den Kupferstäben befestigt; auf diesen, wie auf dem Limbus, ist eine Marke befindlich, um letzteren immer an derselben Stelle zu befestigen. Alle übrigen Theile sind dem beim gewöhnlichen Galvanometer gleich.

Den anderen Theil des Apparats zeigt die Fig. 5 Taf. II in senkrechtem Durchschnitt. Die Säule besteht aus drei Wismuth- und drei Antimonstäben, deren Länge $AB = ab =$ 3,9 Centim., Breite 2,8, Dicke 0,4 und gegenseitiger Abstand =0,1 beträgt. Bei B und b sind Kupferstangen $BCDE$ und $bcde$ festgelöthet; diese sind vierkantig, aufser zwischen D und E, so wie zwi-

schen d und e, wo sie runde cylindrische Zapfen bilden, um in den senkrechten Stützen FG und fg unter verschiedenen Neigungen gegen den Horizont festgeschroben werden zu können. Die Säule ist wie gewöhnlich durch eingegossenes Harz in dem Messingrohr $HhkK$ befestigt, und auf letzterem der Reflector $HMNnmh$ und der Cylinder $KLlk$ festgeschraubt, der erste bei Nn, der andere bei Ll versehen mit einem Deckel, welcher nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden kann. Der Reflector kann auch gegen einen ähnlichen Cylinder wie $KLlk$ vertauscht werden. Die Kupferstangen BC und bc sind mit Tafft bekleidet, um sie an metallischer Berührung mit dem Messing zu hindern. Bei G und g sind ferner zwei horizontale Kupferstäbe festgelöthet, die an ihren äufsersten Enden horizontal durchbohrt und mit senkrechten Schrauben versehen sind, um das Galvanometer daran festschrauben zu können. Diese horizontal auslaufenden Kupferstangen sind unverrückbar in einer auf drei Stellschrauben ruhenden Holzscheibe befestigt.

Dieser Apparat übertrifft an Empfindlichkeit für strahlende Wärme bei weitem alle Thermo-Multiplicatoren, die ich gesehen habe. Hält man die Hand dicht vor dem Reflector, so entsteht durch deren strahlende Wärme eine Ablenkung der Magnetnadel von 75°. Stellt ein Mensch sich in 10 Fufs Abstand davor, so weicht die Nadel 35° ab. Bei diesen beiden Proben war die Temperatur des Zimmers 17° C. Diese aufserordentliche Empfindlichkeit macht den Gebrauch des Apparates beschwerlich, da es, selbst bei Verschliefsung beider Dekkel Nn und Ll, schwierig ist, die Nadel auf den Nullpunkt zu bringen.

Nimmt man das Centimeter zur Einheit des Längenmaafses, so ist, wie sich durch Messung fand, für den eben beschriebenen Apparat $\frac{L}{A}=72{,}5$. Wenn $A=100$ gesetzt wird, ist der berechnete galvanometrische Effect:

$$S=1{,}64\times K.$$

Die Durchschnittsfläche der ganzen Säule oder 2α ist $=(2,8)^2=7,84$, und ferner $A'=4\times0,67\times0,78$; $\delta=0,1$; $\delta'=0,05$; $L'=18$; $l=3,9$. Wollte man aus diesen Angaben die vortheilhaftesten Werthe von m und n aufsuchen, so müfste es mittelst der Gleichungen (5) und (6) geschehen. Durch Substitution in (7) und (8) erhält man:

$$2,461\,n'^2+0,1375\,m'^2=145$$
$$49,74\,n'^2=8,61\,m'^2,$$

woraus:

$$m'=7,7\;;\;N=0,864\;;\;C=1,889$$
$$n'=3,2\;;\;M=0,893\;;\;D=1,919,$$

und endlich:

$$m=7,2\;;\;n=2,9$$

oder, weil m und n ganze Zahlen seyn müssen:

$$m=7\;;\;n=3,$$

der entsprechende galvanometrische Effect ist:

$$S=1,975\,K.$$

Der oben beschriebene thermo-elektrische Apparat giebt also fünf Sechstel des gröfst möglichen Effects, welcher bei dessen Dimensionen erreichbar ist.

VIII. *Ueber den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen galvanische Ströme; von E. Lenz.*

(Hergeleitet aus Versuchen des Hrn. Ptschelnikoff, Gehülfen am physikalischen Cabinet der St. Petersburger Academie. — *Bullet. de l'acad. de St. Petersb. T. X p.* 184.)

Schon vor zwei Jahren hatte ich eine Reihe von Versuchen über den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen magneto-elektrische Ströme begonnen und mich zur Erregung der Ströme einer Clarke'schen mag-

neto-elektrischen Maschine mit den für physiologische Wirkungen nöthigen Spiralen aus dünnem Drahte bedient. Es wurde deshalb an dem Anker eine einfache Vorrichtung angebracht, so dafs er sich nur um 90° drehen konnte, und zwar aus der *horizontalen* Lage, wo in ihm der stärkste Magnetismus erregt ist, in die *verticale*, wo der Anker seinen Magnetismus gänzlich, oder fast ganz verlor. Es war für meinen Zweck gleichgültig, ob dieser Verlust ein gänzlicher war oder nicht, und es kam nur darauf an, dafs der Magnetismus des Ankers bei der Drehung aus einer Gränzlage in die andere um eine und dieselbe Differenz bei allen Versuchen variirte, was stattfinden mufs, wenn nur die beiden Gränzlagen immer genau dieselben waren; dieses wurde dadurch erreicht, dafs der Anker in diesen beiden Lagen an zwei Flächen eines massiven viereckigen kupfernen Parallelepipedums anschlug. Da mein Gehülfe, der Lehrer der Physik an dem hiesigen pädagogischen Hauptinstitut, Hr. Ptschelnikof, sich seit geraumer Zeit mit dem Beobachten magneto-elektrischer Ablenkungen nach meiner, schon öfters bekannt gemachten, Methode beschäftigt hatte, so überliefs ich ihm die eben erst begonnene Arbeit zur völligen Durchführung; er hat ihre Bearbeitung zum Gegenstand einer Dissertation gewählt, die er in russischer Sprache zur Erlangung der Würde eines Magisters der mathematischen Wissenschaften abgefafst hat, und es sind, aufser einigen Zusätzen aus meinen früheren Beobachtungen, die in jener Dissertation niedergelegten Resultate, die ich hiermit dem wissenschaftlichen Publicum des Auslandes mittheile, indem ich nur in den daraus gezogenen Schlüssen zum Theil von dem Verfasser jener Dissertation abweiche.

Die Beobachtungsmethode war genau die in meinen früheren Abhandlungen beschriebene: es wurde die elektromotorische Spirale des Clarke'schen Apparats mit dem Nobili'schen Multiplicator in Verbindung gesetzt, der

in einer Entfernung von 18 Fuſs stand, so daſs der Hufeisenmagnet nicht mehr unmittelbar auf die Magnetnadeln des Multiplicators einwirken konnte. Die Ablenkungen der Nadel, durch einen Spiegel horizontal reflectirt, wurden aus dieser Entfernung von 18 Fuſs mit einem Fernrohr beobachtet. Jeder Versuch erforderte vier Ablenkungen der Nadel, nach beiden Seiten und an beiden Enden der Nadel, wobei die Ablenkungen nach beiden Seiten einmal durch Drehung des Ankers aus der verticalen in die horizontale Lage, das andere Mal aus der horizontalen in die verticale Lage bewirkt wurden. Jede der im Folgenden mitzutheilenden Ablenkungszahlen ist daher das Mittel aus vier Zahlen, wobei die Genauigkeit jeder der Ablesungen 0°,1 beträgt.

Wenn nun der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers bestimmt werden sollte, so wurde die Kette auf folgende Weise gebildet: Zwei Gefäſse, *A* und *B*, wurden mit einer leitenden Flüssigkeit gefüllt; *A* war mit einem Ende der Clarke'schen Spirale durch einen kurzen und dicken Kupferdraht verbunden, der in die Flüssigkeit tauchte, und dessen geringer Leitungswiderstand gegen die lange Spirale aus dünnem Draht durchaus als verschwindend betrachtet werden konnte; *B* dagegen ward mit einem der Zuleitungsdrähte des Multiplicators (ebenfalls durch Eintauchen des letzteren) verbunden, während der andere Zuleitungsdraht mit dem anderen Ende des elektromotorischen Drahts in metallischer Verbindung stand. Wenn nun der Mensch, dessen Leitungswiderstand gegen den galvanischen Strom ermittelt werden sollte, einen Theil seines Körpers in *A*, einen anderen in *B* eintauchte, so schloſs er damit die Kette, und der beim Drehen des Ankers erregte magneto-elektrische Strom theilte sich durch den menschlichen Körper hindurch dem Multiplicator mit.

Es wurde nun folgendermaſsen verfahren: Zuerst wurde die Ablenkung (als Mittel aus den vier Ablesun-

gen) bestimmt, wenn die Zwischendrähte des Multiplicators unmittelbar mit der elektromotorischen Spirale verbunden waren, dann eine zweite Ablenkung (wiederum das Mittel aus vier Ablesungen), wenn der menschliche Körper vermittelst der Gefäfse A und B die Kette schlofs, endlich eine dritte Ablenkung bei alleiniger Schliefsung der Kette durch den Multiplicator, wie im Anfang. Aus den Ablenkungen 1 und 3 wurde dann das Mittel genommen, und dieses mit der entsprechenden Ablenkung 2 verglichen.

Zur Berechnung des Leitungswiderstandes des menschlichen Körpers diente dann die von mir schon oft angewendete und leicht abzuleitende Formel:

$$\lambda = L \cdot \left(\frac{\sin\frac{1}{2}\alpha}{\sin\frac{1}{2}\alpha'} - 1\right),$$

wo α und α' die Ablenkungen *ohne* und *mit* Einschaltung des Körpers, L aber die Summe der Widerstände des elektromotorischen Drahts, des Multiplicators und der Zuleitungsdrähte bedeuten.

Ich werde vorläufig die Widerstände auf den Widerstand L, als Einheit, beziehen, und später die Beobachtungen zur Ermittlung von L mittheilen, mit welcher Zahl dann die jetzt mitzutheilenden Zahlen nur zu multipliciren sind. Vorläufig also werde ich mich der Formel

$$\lambda = \frac{\sin\frac{1}{2}\alpha}{\sin\frac{1}{2}\alpha'} - 1$$

bedienen.

Die folgenden Versuche sind mit sechs Personen angestellt worden, die mit A, B, C, D, E, F bezeichnet werden sollen, und über die Folgendes zu bemerken ist: A, B, C waren Männer 43, 35, 29 Jahr alt, A aus der körperlich arbeitenden Klasse, B und C aus den höheren Ständen, D war ein Knabe von 7 Jahren, E ein Mädchen von 19 und F ein junger Mensch von 17 Jahren. Wenn es in dem Folgenden heifst: »1 Finger«, so soll das bedeuten, dafs ein Finger einer Hand, und

zwar

zwar der Zeigefinger, in das eine Gefäfs *A* und der gleichnamige Finger der anderen Hand in das andere Gefäfs *B* ganz eingetaucht waren; bei »2 Fingern« waren von jeder Hand der Zeigefinger und der Mittelfinger, bei »4 Fingern« waren 4, ohne den Daumen, ganz eingetaucht. Die ganze Hand ward immer bis an das Handgelenk versenkt.

Zuvörderst zeigte ein vorläufiger Versuch, dafs es gleichgültig war, ob der eingetauchte Theil sich in der Nähe des in die Flüssigkeit getauchten Zuleitungsdrahts befand, ja ihn berührte, oder so weit als möglich von ihm entfernt war, indem dieses nur Unterschiede in der Ablenkung von weniger als $\frac{1}{10}$ Grad hervorbrachte. Es ist diefs ein Beweis, dafs der Leitungswiderstand der Flüssigkeit nur einen sehr unbedeutenden Theil des übrigen Leitungswiderstandes betrug, was auch aus dem Folgenden noch deutlicher werden wird.

Es folgen nun zuerst die Versuche mit den Personen *A*, *B*, *C*, bei welchen zur leitenden Flüssigkeit verdünnte Schwefelsäure (auf 100 Th. Newawasser 1 Th. nach Volum gewöhnlichen Vitriolöls) angewendet ward. Die gewonnenen Resultate sind die folgenden:

Leitungswiderstände.

Tab. I.

Bezeichnung der Personen.	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
Mann *A*	34,09	19,20	9,10	6,06
Mann *B*	35,92	18,55	(12,03)?	6,72
Mann *C*				6,44

Aus diesen Resultaten ergiebt sich zuvörderst, von wie grofsem Einflufs auf den Widerstand die Oberfläche des eingetauchten Theils des Körpers ist. Der Widerstand ist für die 4 Finger fast der eingetauchten Fläche umgekehrt proportional, nur der Widerstand für 4 Fin-

ger bei der Person *B* macht eine Ausnahme davon, und es scheint, es müsse dieses einem besonderen Umstande zugeschrieben werden, da es für die übrigen Personen, für die die Resultate sogleich mitgetheilt werden sollen, nicht stattfindet. Beim Eintauchen des übrigen Theils der Hand nimmt aber der Widerstand in geringerem Maafse ab, wie die letzte Columne unserer Tabelle zeigt. Diefs scheint darauf hinzudeuten, dafs die Leitungsfähigkeit des Körpers proportional den Nervenenden ist, in welche der Strom unmittelbar aus der Flüssigkeit eintreten kann; da der übrige Theil der Hand diese Enden weniger hat als die Finger, so wird eine Vergröfserung der eingetauchten Fläche dort weniger betragen als hier.

Es wurde nun untersucht, ob der Leitungswiderstand des Körpers abhängig sey von der Stärke der Säure, in welche die Hände beim Versuche eintauchten? Zu dem Ende wurde mit der Person *A* der Versuch mit Eintauchen der ganzen Hand versucht bei drei verschiedenen Flüssigkeiten, in welche die Hände tauchten; die Resultate waren folgende:

Tab. II.

	Ganze Hand.	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.
In Newawasser der Leitungswiderstand	=16,53			
In Säure von 1 Procent	= 6,06	34,09	19,20	9,10
- - - 1 - An der Hand befand sich eine kleine blutige Schramme	= 4,81	29,22		8,22
In Säure von 4 Procent, mit gesunder Hand	= 4,37	22,89	12,82	6,93

Der Widerstand ist um so geringer, je stärker die angewendete Säure ist, und zwar ist er bei Newawasser fast vier Mal so stark als bei vierprocentiger Säure. Daraus folgt, dafs der gröfste Theil des Widerstandes des

Körpers ein Widerstand des Ueberganges aus der Flüssigkeit in den Körper und umgekehrt sey, dafs die Ursache davon also in der Oberhaut gesucht werden müsse, welches noch deutlicher durch den dritten Versuch bewiesen wird, wo eine zufällige kleine Schramme der Hand, welche die Oberhaut durchdrang, den Widerstand unter sonst gleichen Umständen von 6,06 auf 4,81 herunterbrachte.

Endlich wurde noch der Widerstand von *A* für die beiden Fälle bestimmt, wo er 4 Finger jeder Hand in trocknes Quecksilber, statt in Wasser, tauchte, und wo er mit befeuchteten Händen die Messinghalter, welche der Clarke'schen Maschine beigegeben sind, fafste; es ergab sich:

für's Eintauchen in Quecksilber. Leitungswiderstand . . . . =11,93
beim Anfassen der Messinghalter . . . . . . = 8,61

Die Vergleichung mit dem früheren Versuch, wo dieselbe Person ebenfalls 4 Finger in einprocentige Säure getaucht, und wofür sich der Widerstand 9,10 ergeben hatte, zeigt, dafs das Eintauchen in Quecksilber weniger vortheilhaft ist, wahrscheinlich weil es die Haut nicht benetzt wie die Säure.

Für die Personen *D*, *E*, *F*, d. h. für den Knaben, das junge Mädchen und den jungen Menschen, ergaben sich folgende Resultate, als sie die Verbindung der Kette durch Eintauchen der Finger in *vierprocentige* Säure bewirkten.

Tab. III.

Bezeichnung der Personen.	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
Knabe *D*	34,358			
Mädchen *E*	35,27	18,78	9,16	4,37
Jüngling *F*	38,06	20,16	9,06	5,84

Um diese Resultate mit denen für die Personen *A*, *B*, *C* vergleichen zu können, müssen wir nicht vergessen, daſs *A*, *B*, *C* die Hände in einprocentige Säure, diese aber in vierprocentige tauchten. Aus der Tabelle II findet man aber, daſs für die Person *A* das Verhältniſs der Leitungswiderstände beim Eintauchen in einprocentige und in vierprocentige Säure das folgende ist:

für 1 Finger	1,49
- 2 -	1,49
- 4 -	1,46
ganze Hand	1,39.

Setzen wir voraus, daſs dasselbe Verhältniſs auch für die Personen *D*, *E*, *F* stattfinde, so ergeben sich die Leitungswiderstände dieser Person für einprocentige Säure wie folgt:

Tab. IV.

	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
D	51,19			
E	52,55	28,00	13,37	6,91
F	56,61	30,14	13,23	8,12

Hieraus ergiebt sich, daſs die Leitungswiderstände dieser jüngeren Personen bedeutend gröſser sind, als die der älteren Personen *A*, *B*, *C*. Woher dieses rühre, kann ich nicht bestimmen; ich will nur bemerken, daſs der Unterschied am geringsten wird, wenn die ganze Hand eingetaucht ist, wo der Leitungswiderstand beim jungen Mädchen *E* fast eben so groſs ist als bei den Männern *A* und *B*.

Nachdem auf diese Weise die Leitungswiderstände verschiedener Personen mit einander verglichen worden waren, wurden besondere Versuchsreihen angestellt, um zu ermitteln, wie diese Widerstände bei einer Person davon abhängen, durch welche Glieder der Strom geleitet wurde. Zu dem Ende wurden die Personen *A* und

C dem Versuche unterworfen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle bezeichnet, wo die bezeichneten Glieder jedesmal ganz eingetaucht wurden:

Tab. V.

	A.	*C.*
beide Hände	5,42	5,03
rechter Fuſs, linke Hand	5,35	4,91
rechter Fuſs, rechte Hand	5,62	5,44
linker Fuſs, linke Hand	6,01	5,72
linker Fuſs, rechte Hand	7,51	5,72
beide Füſse	5,45	5,14

Im Allgemeinen ist also der Leitungswiderstand für verschiedene Verbindungen nicht sehr verschieden, indessen ist es doch auffallend, daſs bei den Verbindungen in der Diagonale, d. h. vom rechten Fuſs zur linken Hand, oder vom linken Fuſs zur rechten Hand, der Widerstand bei beiden Personen von *der rechten Hand* zum *linken Fuſs* gröſser ist, als von *der linken Hand* zum *rechten Fuſs*, für *A* im Verhältniſs von 1,40 : 1, für *B* im Verhältniſs von 1,19 : 1. Um zu untersuchen, ob die Ursache in der Hand zu suchen sey, wurde die Brust mit einer befeuchteten kreisförmigen Kupferplatte von 2 Zoll Durchmesser armirt, und dann der Strom von hier entweder zur rechten oder linken Hand, die dabei ganz eingetaucht wurden, hindurchgelassen. Es ergab sich hierbei der Widerstand zur *rechten Hand* =9,217, zur linken =8,773, was allerdings auf einen gröſseren Widerstand der rechten Hand hinweist. Sollte vielleicht der gröſsere Gebrauch der rechten Hand die Ursache davon seyn?

Bisher waren alle Leitungswiderstände auf die Summe der Widerstände des Clarke'schen Apparats und den Multiplicatordraht, als Einheit, bezogen worden; es blieb nun noch übrig, diesen Widerstand auf eine allen zugängliche Einheit zu reduciren. Hierzu wurde ein hun-

dertfüfsiger Kupferdraht von $0^{mm},6$ Dicke gewählt, der bei allen Leitungswiderständen als Normaldraht diente und mit hundert bezeichnet wird, so dafs 1 Fufs dieses Drahts unsere Einheit ist. Er konnte aber unmittelbar nicht mit dem Clarke'schen Apparat gebraucht werden, weil sein Widerstand gegen den der dünnen Drahtspiralen dieses Apparats so unbedeutend war, dafs seine Einschaltung in die Kette gar keinen Unterschied in der Ablenkung hervorbrachte. Es wurde daher ein Hülfsdraht gewählt, der in der Mitte zwischen beiden stand, und dessen Widerstand gegen den elektromotorischen Draht der Clarke'schen Maschine zuerst ermittelt wurde, dann aber mit einer andern elektromotorischen Spirale sein Widerstand in Vergleich mit dem des Normaldrahtes. Auf diese Weise ergab sich der Widerstand der mit der Clarke'schen Spirale gebildeten Kette gegen den Normaldraht:

$$=15767,2,$$

oder gegen einen Kupferdraht von 1^{mm} Dicke:

$$=43795.$$

Mit dieser Zahl mufs man folglich unsere obigen Leitungswiderstände multipliciren, wenn man sie in dieser Einheit ausdrücken will.

Man erhält dann für das Eintauchen der ganzen Hand, wenn man das Mittel der verschiedenen Personen nimmt, folgende Leitungswiderstände:

Tab. VI.

	russ. Fufs [1]).	Werst.
beim Eintauchen der ganzen Hand in einprocentige Säure	300010	86
beim Eintauchen von 4 Fingern in Quecksilber	522460	149
beim Anfassen der befeuchteten messingenen Handhaben des Clarke'schen Apparats	377950	108

1) Gleich engl. Fufs.



Pouillet giebt in den »*Comptes rendus hebdom.* 1837,« *p.* 792 an [1]), dafs der Widerstand des menschlichen Körpers, wenn beide Hände befeuchtet in Quecksilber getaucht wurden, 11 Lieues eines Kupferdrahts von 1^{mm} Dicke betrage; dieses macht nahezu 46 Werst, ist also nur halb so viel, als wir im Obigen angegeben finden, wenn die befeuchteten Hände in verdünnte Säure von ein Procent tauchten; allein der Unterschied kann leicht von einer verschiedenen Benetzung der eingetauchten Hände herrühren; wenn wir z. B. die Benetzung von vierprocentiger Säure genommen hätten, so hätte sich uns ein Widerstand von etwa 61 Werst, statt 86 ergeben.

In dem Obigen ist von dem menschlichen Körper, als blofsem Leiter der magneto-elektrischen Ströme die Rede gewesen, ohne Rücksicht auf die Wirkungen, die die hindurchgeleiteten Ströme in demselben hervorbringen. Allein Hr. Ptschelnikoff hat bei seinen Versuchen auch immer auf die gröfsere oder geringere Heftigkeit der Erschütterungen, die durch die Ströme erregt werden, sein Augenmerk gerichtet. Wir wollen nun sehen, welche Folgerungen in Bezug hierauf sich aus seinen Versuchen ziehen lassen.

Eine zuvörderst sich uns darbietende Frage ist die, ob die Heftigkeit der Erschütterungen des Nervensystemes, die bei verschiedenen Personen so verschieden ist, von den verschiedenen Leitungswiderständen bedingt wird, welche die Körper verschiedener Personen dem Strome darbieten, oder ob diese Verschiedenheit der Wirkung galvanischer Ströme in verschiedener *Reitzbarkeit* der verschiedenen Individuen ihren Grund habe. Wäre Ersteres der Fall, so müfste die Stärke der Erschütterung mit den Leitungswiderständen der Individuen in umgekehrtem Verhältnisse stehen, in letzterem Fall aber müfste

1) Vergl. Annal Bd. XXXXII S. 305. P.

keine Abhängigkeit der Reitzbarkeit mit den Widerständen wahrzunehmen seyn. Die Versuche haben das letztere erwiesen, und man mufs demnach die Verschiedenheit in dem Grade der Empfindlichkeit verschiedener Individuen für den galvanischen Strom einer verschiedenen Reitzbarkeit ihres Nervensystems zuschreiben. In der That erhalten wir folgende Vergleichung zwischen der Stärke der von den verschiedenen Personen durchgelassenen Ströme und der Affection ihrer Nerven, wenn jede Hand bis zum Gelenk in die Flüssigkeit getaucht war.

Reihenfolge der Individuen nach ihrer weniger oder mehr heftigen Empfindung, von den weniger heftigen beginnend.

B, *F*, *A*, *C*, *E*.

Reihenfolge der Stärke der hierbei ihren Körper durchdringenden Ströme, von den geringeren Strömen beginnend:

F, *E*, *B*, *C*, *A*.

Bei ein und demselben Individuum war die Erschütterung heftiger, wenn der Anker aus der verticalen in die horizontale Lage gedreht wurde, und schwächer, wenn die Drehung in umgekehrter Ordnung geschah. Die Ursache hiervon ist, dafs bei der ersten Drehung der Strom in dem ersten Moment beim Beginn der Drehung heftiger ist, als beim Beendigen derselben; dagegen bei der Drehung aus der horizontalen Lage in die verticale beginnt der Strom schwach und endigt stark; dieses rührt aber daher, weil die Aenderungen des Magnetismus im Anker am stärksten sind in der Nähe der verticalen Stellung des Ankers, am schwächsten aber bei der horizontalen Lage.

Endlich hat sich auch gezeigt, dafs die Empfindung heftiger war an derjenigen Stelle, wo der Strom in den Körper eintrat, also gegen die Verzweigung der Nerven gerichtet war, und schwächer in dem Theil, wo der Strom



austrat, also mit den Nerven sich verzweigte, eine Erfahrung die auch anderweitig schon bekannt ist.

IX. *Ein neues Instrument zur Messung der magnetischen Neigung und deren Veränderungen;* *von Hrn. Humphry Lloyd.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Proceedings of the Royal Irish Academy.*)

Um Alles auf die erdmagnetische Kraft Bezügliche für einen gegebenen Ort zu kennen, muſs die Beobachtung die Werthe dreier Elemente liefern. Die, welche sich natürlich zur unmittelbaren Bestimmung darbieten, sind: die *Intensität* der Kraft und die beiden Winkel (*Declination* und *Inclination*), welche deren Richtung bedingen. Diese lassen sich jedoch ersetzen durch irgend ein anderes System von Elementen, welche mit ihnen in bekannten Beziehungen stehen. So hat man bisher vorgezogen, die *Declination* und die *beiden Componenten* (die horizontale und die verticale) *der Intensität* zu beobachten; und im Allgemeinen sind die Hauptbetrachtungen, die uns bei der Auswahl leiten müssen: die Genauigkeit der beobachteten Resultate und die Leichtigkeit ihrer Bestimmung.

Unter diesem Gesichtspunkt lassen die *Declination* und die *horizontale Componente der Intensität* nichts zu wünschen übrig, da ihre Bestimmung jetzt auf einen Grad von Genauigkeit gebracht ist, der kaum, wenn gar, dem der astronomischen Messungen nachsteht. Dieſs läſst sich jedoch vom dritten Element, so wie man es bisher beobachtet, nicht sagen. In dem Dubliner magnetischen Observatorium und in den seitdem auf Befehl der Regierung und der ostindischen Compagnie errichteten Observa-

torien ist als drittes Element zur Beobachtung die *verticale Componente der Intensität* gewählt worden. Das Instrument zur Messung derselben ist bereits zur Kenntnifs der Academie gebracht. Das Princip desselben besteht, wie man sich erinnern wird, darin, dafs man die verticale Componente der magnetischen Kraft durch ein befestigtes Gewicht balancirt und die Aenderungen der Gleichgewichtslage unter der Wirkung der ändernden Kraft beobachtet. So untadelhaft diefs Princip in der Theorie ist, so entsprach doch die Genauigkeit der Resultate nicht der der beiden anderen Instrumente, und zwar wegen des grofsen Einflusses, den ein unvermeidlicher Fehler der Arbeitschaft nothwendig auf die Gleichgewichtslage eines von einer festen Axe getragenen Magnets ausüben mufs. Man hat gezeigt, dafs der Effect der Magnetisirung eines Stabes unter den vortheilhaftesten Umständen der Gestalt und an einem Ort auf der Erde, wo die verticale Componente der magnetischen Kraft am gröfsten ist, sich in Bezug auf dessen Gleichgewichtslage so macht, wie wenn sein Schwerpunkt um den 40sten Theil eines Zolls nach dem Nordende geschoben wäre; so dafs das Moment der Kraft, welche die verticale Componente des Erdmagnetismus ausübt, niemals beträchtlicher seyn kann als diese kleine Gröfse, multiplicirt mit dem Gewicht des Stabes. Um nun die Resultate dieses Instruments vergleichbar zu machen mit denen des Horizontalkraft-Magnetometers, müfste es uns erlauben, Aenderungen in der Verticalkraft zum Betrage von $\frac{4}{100000}$ des Ganzen zu messen, d. h. wir hätten Effecte zu messen wie sie erzeugt werden würden durch Verschiebung des Schwerpunkts um *ein Milliontel eines Zolls*. Hieraus wird leicht ersichtlich seyn, wie grofs der Einflufs von kleinen Störungen der relativen Theile des Instruments oder von Ungleichheiten der Aufliegepunkte der Axe seyn müsse. Auch hat die Erfahrung gezeigt, dafs es zur Bestimmung von Veränderungen einer langen Periode ganz untauglich ist.

Dieselben Schwierigkeiten und aus derselben Quelle herstammend, haften an der gewöhnlichen Beobachtungsmethode der *magnetischen Inclination* und deren Aenderungen, wie vollkommen auch die Construction des Instrumentes seyn mag. Und in der That dieselben Fehlerquellen scheinen jedem directen Verfahren zur Bestimmung des dritten Elements inzuwohnen, und nur durch eine *indirecte* Methode steht zu hoffen, dafs wir sie vermeiden [1]). Von dieser Art ist die nun vorzuschlagende.

Wenn ein völlig unmagnetischer Stab von weichem Eisen in senkrechte Stellung gebracht wird, so wird er unter der vertheilenden (*inducing*) Wirkung der erdmagnetischen Kraft sogleich ein temporärer Magnet, sein unteres Ende ein Nordpol, sein oberes ein Südpol. Wenn nun ein frei und horizontal aufgehängter Magnet, von kleinen Dimensionen im Vergleich zu denen des Stabes, diesem genähert wird, in einer durch den einen seiner Pole gehenden Ebene, so wird er vom magnetischen Meridian abgelenkt. Die ablenkende Kraft ist die in dem Stabe durch Vertheilung erregte (*induced*) Kraft, welche als proportional betrachtet werden kann der Stärke der vertheilenden Ursache, d. h. der *verticalen Componente* des Erdmagnetismus; während die gegenwirkende Kraft die *horizontale Componente* desselben ist, die direct auf den Magnet wirkt, um ihn in den magnetischen Meridian zurückzuführen. Sonach wird der Magnet unter der Wirkung dieser widerstrebenden Kräfte eine Gleichgewichtslage annehmen, und diese Lage wird dazu dienen das Verhältnifs der beiden Kräfte zu bestimmen. Wenn die gerade Linie, welche den Mittelpunkt des horizonta-

1) Zwei solche indirecte Methoden zur Bestimmung der Inclination sind in Deutschland vorgeschlagen worden, die eine von den Proff. Gaufs und Weber, die andere vom Dr. Sartorius von Waltershausen. Die hier vorgeschlagene ist im Princip der ersten von diesen sehr analog, weicht jedoch nicht blofs in den angewandten Mitteln, sondern auch in dem Zweck von ihr ab, indem die vorliegende Methode die Bestimmungen der Aenderungen der Inclination zum Hauptgegenstand hat.

ten Magnets mit dem wirkenden Pol des Stabes verbindet, senkrecht ist auf dem magnetischen Meridian, so wird die Tangente des Ablenkungswinkels ein Maafs des Verhältnisses der beiden Kräfte seyn, und deshalb proportional der *Tangente der magnetischen Inclination*. Beobachtet man also die Veränderungen der Lage des horizontalen Magnets unter diesen Umständen, so kann man daraus die Inclination ableiten.

Allein der Eisenstab kann (und, im Allgemeinen, wird) einen gewissen Grad von *permanentem* Magnetismus besitzen, welcher mit dem durch Vertheilung erregten zur Erzeugung der Ablenkung beiträgt; und daher ist es nothwendig, die Beobachtungen so anzustellen, dafs man die Effecte dieser fremdartigen Ursache eliminiren könne. Zu dem Ende braucht man nur den Stab umzukehren, so dafs der wirkende Pol, welcher bei einem Theil der Beobachtung oben war, bei dem andern unten ist. Die durch Vertheilung erregte Polarität wird in den beiden Fällen entgegengesetzt seyn, und folglich die wirkende Kraft in dem einen Fall die *Summe*, und in dem andern der *Unterschied* der *temporären* und der *permanenten* Kraft.

Es sey X und Y die horizontale und verticale Componente der erdmagnetischen Kraft, M die Intensität des permanenten Magnetismus des wirkenden Pols, und m das magnetische Moment des aufgehängten Magneten. Die Intensität des durch Vertheilung erregten Magnetismus ist, zufolge der Hypothese, gleich:

$$kY,$$

worin k eine unbekannte Constante; und wenn dieser Magnetismus gleichnamig ist mit dem permanenten, so ist die Intensität der wirkenden Kraft, in der Einheit der Entfernung:

$$kY+M.$$

Demgemäfs ist das Moment dieser Kraft zur Drehung

des aufgehängten Magnets $=(kY+M)mr\cos u$, worin u der Ablenkungswinkel und r eine von der Entfernung abhängige Constante ist; oder, wenn, Kürze halber, $kr=p$, $Mr=q$ gesetzt wird:

$$(pY+q)m\cos u.$$

Allein dieser ablenkenden Kraft entgegen wirkt die horizontale Erdkraft, deren Moment zum Drehen des Magnets ist:

$$Xm\sin u,$$

und der Magnet wird ruhen, wenn diese Momente gleich sind. Mithin ist die Gleichung für das Gleichgewicht:

$$pY+q=X\,\mathrm{tang}\,u \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Durch ähnliche Schlufsfolgerung ergiebt sich, wenn der temporäre und der permanente Magnetismus ungleichnamig sind, dafs:

$$pY-q=X\,\mathrm{tang}\,u' \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

worin u' der neue, nach Umkehrung des Stabes stattfindende Ablenkungswinkel ist. Addirt man diese Gleichungen, und erwägt, dafs $Y=X\,\mathrm{tang}\,\vartheta$, wo ϑ die Inclination, so hat man:

$$2p\,\mathrm{tang}\,\vartheta=\mathrm{tang}\,u+\mathrm{tang}\,u' \quad \ldots\ldots (3)$$

Diese Gleichung würde die gesuchte Inclination liefern, sobald man den Werth der Constanten k kennte. Um diesen zu bestimmen, braucht man nur den Eisenstab *horizontal* in den magnetischen Meridian zu legen, so, dafs der wirkende Pol zwar in der früheren Lage bleibt, aber abwechselnd gegen Norden und Süden gerichtet ist. In diesem Fall ist die vertheilende Kraft die *horizontale Componente* des Erdmagnetismus; und leicht ersieht man, dafs die Gleichgewichtsgleichungen denen (1) und (2) ähnlich sind, nur X statt Y darin zu setzen ist. Bezeichnet also v und v' die Ablenkungswinkel für diese Lagen, so haben wir:

$$2p=\mathrm{tang}\,v+\mathrm{tang}\,v' \quad \ldots\ldots (4)$$

und Gleichung (3) durch diese dividirend:

$$\mathrm{tang}\,\vartheta=\frac{\mathrm{tang}\,u+\mathrm{tang}\,u'}{\mathrm{tang}\,v+\mathrm{tang}\,v'} \quad \ldots\ldots (5)$$

Somit erhalten wir also die Inclination aus den Ablenkungen bei diesen vier Lagen des Stabes.

Um die *Veränderungen* der Inclination zu bestimmen, ist es nicht nothwendig die Ablenkungen bei der horizontalen Lage des Stabes zu beobachten. Man differenzire die Gleichung (1), in Bezug auf X, Y und u, und dividire die erfolgende Gleichung durch (3). Man erhält dadurch die nachstehende Gleichung, aus welcher sowohl p als q eliminirt ist:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{2\Delta u}{\cos^2 u(\tang u + \tang u')} + \frac{2 \tang u}{\tang u + \tang u'} \cdot \frac{\Delta X}{X}.$$

Da aber $Y = X \tang \vartheta$, so hat man:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta \vartheta}{\sin \vartheta \cos \vartheta}$$

und dieses substituirend:

$$\frac{\Delta \vartheta}{\sin 2\vartheta} = \frac{\cos u' \Delta u}{\cos u \sin(u + u')} + \frac{1}{2}\frac{\sin(u - u')\Delta X}{\sin(u + u') X} \qquad (6)$$

Das zweite Glied der rechten Hälfte dieser Gleichung enthält eine nöthige Berichtigung für die gleichzeitigen Veränderungen der horizontalen Intensität; allein diese Berichtigung wird gemeiniglich klein seyn, und, wenn der Stab keinen permanenten Magnetismus besitzt, gänzlich verschwinden. In der That ist dann, wie aus (1) und (2) erhellt, $u' = u$, so daſs die vorhergehende Gleichung sich reducirt auf:

$$\Delta \vartheta = \frac{\sin 2\vartheta}{\sin 2u} \Delta u \; \ldots\ldots\ldots \; (7)$$

Wir müssen erinnern, daſs der Winkel u in dieser Gleichung die Abweichung des aufgehängten Magneten von der Lage ist, die er unter alleiniger Wirkung der Erde annehmen würde, die Veränderungen desselben also die *Unterschiede* zwischen den beobachteten Aenderungen der Lage des aufgehängten Magnets und den *entsprechenden Aenderungen der Declination* sind. Bezeichnet nun a die Abweichung des hängenden Magnets



von einer *festen Linie* und a' den entsprechenden Winkel, wenn der Eisenstab entfernt ist, so hat man:

$$u = a - a' \qquad \Delta u = \Delta a - \Delta a'.$$

Allein $\Delta a = kn$ und $\Delta a' = k'n'$, worin n und n' die respective den Winkeln Δa und $\Delta a'$, wie sie vom Declinometer angegeben werden, entsprechende Anzahl von Skalentheilen des Instruments, und k, k' die Winkelwerthe eines Skalentheils an jedem Instrument. Hieraus:

$$\Delta u = kn - k'n' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Ich will nun die Einrichtung des zu diesen Messungen angewandten Instruments beschreiben.

Der Magnet ist cylindrisch, ein Viertelzoll im Durchmesser und drei Zoll lang. An dem Bügel, durch welchen er aufgehängt ist, sitzt ein Spiegel, mittelst dessen die verschiedene Lage des Magneten nach der Gaufs'schen Methode [1]) aus der Ferne durch ein Fernrohr beobachtet wird. Dieser Spiegel ist demnach vertical; und er ist drehbar um eine Vertical-Axe, mittelst welcher er in jede erwünschte Lage gegen das beobachtende Fernrohr gestellt werden kann. Der Spiegel ist kreisrund und hält drei Viertelzoll im Durchmesser. Der bewegliche Theil des Bügels, woran er befestigt ist, hat die Form eines Kreuzes. Mittelst drei Schrauben, nahe an den Enden der Arme des Kreuzes wird er vertical gestellt und durch die hervorragenden Köpfe der Schrauben gehalten. Durch Federn an seiner Rückseite wird der Spiegel mit diesen Köpfen in Berührung gehalten.

Die Büchse ist achtseitig; der Abstand zwischen zwei gegenüberstehenden Seiten beträgt vier Zoll, und der zwischen Deckel und Boden zwei Zoll. Deckel und Boden, so wie die verbindenden Stifte, sind von Kanonenmetall. Die acht Seiten sind durch bewegliche Stücke verschlossen, drei von Glas, die übrigen von Ebenholz. Auf dem Deckel sitzt ein aufrechtes Glasrohr, acht Zoll lang, welches den Hänge-Faden einschliefst. Der Apparat zum Aufhängen oben an der Röhre ist von ge-

1) Vergleiche S. 371. P.

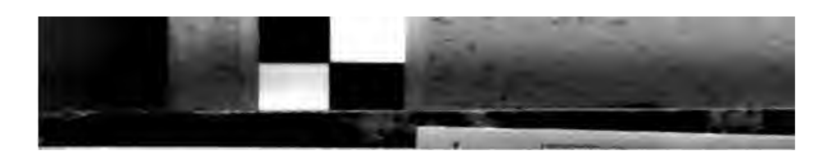
wöhnlicher Construction. Das kreisrunde Stück, an welchem er festsitzt, ist drehbar und auswendig von 5° zu 5° getheilt, um die Torsions-Wirkung des Fadens zu bestimmen.

Die Basis des Instruments ist ein Kreis von Kanonenmetall, sechs Zoll im Durchmesser, am Rande graduirt. Mit diesem Kreise ist die Büchse durch einen kurzen konischen Stift verbunden, und dieser bildet die Axe einer zweiten Platte, welcher auf der festen drehbar ist. Diese bewegliche Platte trägt zwei Verniere, durch welche der Drehungswinkel bis auf Minuten abgelesen werden kann. An dieser Platte sitzen zwei leicht gegen einander geneigte röhrenförmige Arme, und deren andere Enden sind verbunden mit einem Kreuzstück, welches, 18 Zoll vom Spiegel entfernt, eine kurze Skale trägt. Dieser Theil des Apparats dient zur Bestimmung der totalen Ablenkungswinkel.

Der weiche Eisenstab ist ein Cylinder, 12 Zoll lang und drei Viertelzoll im Durchmesser. Eins seiner Enden ist in einen hohlen Messingcylinder eingelassen, und dieser versehen mit einem horizontalen Stift, der sich in einem festen Fuſse dreht. Die Axe dieses Stifts liegt in der durch das Centrum des aufgehängten Magnetes gehenden Linie, und ist senkrecht gegen den magnetischen Meridian, so daſs also der Stab in der Ebene dieses Meridians drehbar ist. Die Axe des Stabes ist vom Mittelpunkt des Magneten etwa 5 Zoll entfernt, und der Stab ist so gestellt, daſs der eine Pol in Richtung der Axe des Stiftes liegt, also während der Drehung des Stabes unbeweglich bleibt.

Die Aenderungen in der Lage des aufgehängten Magneten werden von weitem mittelst eines festen Fernrohrs und einer Skale beobachtet. Die Skale, deren Abtheilungen durch den Spiegel reflectirt werden, ist über dem Fernrohr nahe dem Oculare an dem Gestell befestigt.

Nach-



Nachdem ich das Princip und die Einrichtung dieses Instruments erläutert, bleibt nur noch übrig, die zum Behufe der Prüfung seiner Leistungen angestellten Beobachtungen zu beschreiben. Diejenigen in Betreff der *absoluten Declination* werde ich für jetzt übergehen, da sie bis jetzt nur approximative Resultate geliefert haben, und es mir noch nicht gelungen ist, die Fehler auf ihre Quelle zurückzuführen. Klar ist jedoch, dafs ein Instrument ein gutes *Differential-Instrument* seyn kann, während es unfähig ist absolute Resultate zu liefern; und ich habe specielle Gründe, warum diefs gerade bei dem in Rede stehenden Apparat der Fall sey. Die Mangelhaftigkeit in letzter Beziehung, selbst wäre sie erwiesen, würde also kein Grund seyn, die Brauchbarkeit in erster zu bezweifeln.

Offenbar ist der Apparat gänzlich frei von den schon erwähnten Fehlerquellen bei den auf einer festen Axe sich drehenden Instrumenten; und der einzige Zweifel an seiner Leistung könnte nur die Veränderungen des in dem Eisenstab vertheilten Magnetismus betreffen. So könnte man vor dem Versuche fragen, ob ein solcher Stab allemal einen der vertheilenden Kraft proportionalen Betrag von freiem Magnetismus empfange; — ob ferner sehr kleine Veränderungen in jener von entsprechenden Veränderungen in diesem begleitet werden; und ob endlich die so erzeugten Veränderungen augenblicklich seyen, oder wenigstens keine mefsbare Zeit zu ihrer Entwicklung erfordern.

Bei den ersten Versuchen, welche ich zum Behufe der Entscheidung dieser Fragen anstellte, wurde der temporäre Magnetismus des Eisenstabes mittelst eines permanenten Magnetstabs geändert, der in der Verlängerung des Stabes, in einem bekannten Abstand von demselben lag. Nachdem die Wirkung auf die Lage des hängenden Magneten beobachtet worden, wurde der Abstand um einen bekannten Betrag geändert, eine neue Beob-

achtung gemacht, und so fort bei verschiedenen Abständen. Da das Gesetz der Wirkung des vertheilenden Magneten bekannt ist, so können die Veränderungen in der Ablenkung des hängenden Magneten, in der Annahme, dafs die Aenderungen des vertheilten Magnetismus proportional seyen denen der vertheilenden Kraft, berechnet und dann mit den beobachteten Aenderungen der Ablenkung verglichen werden. Die berechneten und beobachteten Resultate vieler in dieser Weise angestellter Beobachtungen stimmten so nahe überein, als die Genauigkeit der Beobachtungen selbst es erlaubte.

Bei dieser Vergleichung ist es jedoch nöthig, die *directe* Wirkung des festen Magnets auf den hängenden in Betracht zu ziehen. Da der erstere Magnet mit seiner Axe nicht weit ist von der durch den Mittelpunkt des letzteren gehenden Verticale, so befolgt seine Wirkung auf diesen und auf den Eisenstab beinahe dasselbe Gesetz, so dafs seine directen Einwirkungen auf die Lage des hängenden Magnets sehr nahe proportional sind denen die er durch Vermittlung der vertheilten Kraft des Stabes hervorbringt. Nach diesem Princip können die beobachteten Resultate annähernd von denjenigen Theilen der Veränderungen, die der Aufgabe fremd sind, befreit werden. Dennoch mufs man einräumen, dafs die Resultate durch eine solche Complication an Evidenz verlieren; daher war es denn wünschenswerth einen weniger tadelhaften Beweis zu erlangen.

Der Zweck, die vertheilende Wirkung nach einem bekannten Gesetz zu ändern, und die Aenderungen in der durch Vertheilung erregten Kraft an der Lage des hängenden Magneten zu beobachten, läfst sich offenbar erreichen, wenn blofs der Winkel des Eisenstabs mit der Richtung der erdmagnetischen Kraft verändert wird, unter ungeändertem Abstand eines seiner Pole von dem hängenden Magnet. In der That ist aus weiterer Verfolgung der früheren Schlüsse ersichtlich, dafs wenn R

die volle Kraft der Erde und ψ den Winkel zwischen ihrer und des Stabes Richtung bezeichnet, die Gleichgewichtsgleichung des hängenden Magneten ist:

$$p R \cos \psi + q = X \operatorname{tang} u,$$

vorausgesetzt, die Linie, welche den Pol des Stabes mit dem hängenden Magnet verbindet, sey wie zuvor senkrecht auf dem magnetischen Meridian. Wenn also der Stab keinen permanenten Magnetismus besitzt (oder $q=0$), und die Kräfte R und X während der Versuche unverändert bleiben, so haben wir:

$$\operatorname{tang} u = a \cos \psi,$$

worin a eine Constante.

Um zu sehen, ob die Ablenkungen des hängenden Magnets diesem Gesetze gehorchten, wurde an dem Stück, auf welchem der Eisenstab sich bewegte, ein kleiner getheilter Kreis befestigt in solcher Weise, dafs die Axe des ersteren durch den Mittelpunkt des letzteren ging. Da der Kreis befestigt und der Stab mit dem einen Vernier führenden Arm verbunden war, so vermochte man also den Winkel der Drehung des Stabes zu bestimmen. Die Ebene der Drehung lag im magnetischen Meridian, und die Neigung des Stabes gegen die Lothrechte wurde zwischen den successiven Beobachtungen der Lage des aufgehängten Magneten um 5° geändert. Die folgenden Tafeln enthalten die Resultate zweier solcher Beobachtungsreihen. Die erste Spalte in jeder giebt die Neigung des Stabes gegen die Verticale, die zweite, dessen Neigung gegen die Richtung der magnetischen Kraft, d. h. den ersten Winkel vergröfsert um das Complement der magnetischen Neigung (19° 10′). Die dritte Spalte enthält die abgelesenen Skalentheile, entsprechend den Lagen des hängenden Magneten; die vierte die Unterschiede zwischen jeder dieser Ablesungen und der der senkrechten Stellung des Stabes entsprechenden Ablesung, ausgedrückt in Winkelmaaafs; die fünfte, die wirklichen Ablenkun-

gen; die sechste, die nach obiger Formel *berechneten* Ablenkungen: und die siebente, die Unterschiede.

Um die Zahlen der fünften Spalte aus denen der vierten ableiten zu können, mufs man die der Senkrechtheit des Stabes entsprechende Ablenkung kennen. Dieser Winkel wird bestimmt, indem man den Stab senkrecht stellt, mit dem wirkenden Pol folgweise oben und unten, und die Ablesungen am horizontalen Kreise macht, wenn derselbe Theilstrich der beweglichen Skale, reflectirt vom Spiegel, in Coïncidenz mit dem festen Faden des Fernrohrs gebracht ist. Die Unterschiede zwischen jeder dieser Ablesungen und der ähnlichen Ablesung nach Entfernung des Stabes sind das Doppelte der Ablesungen, die den beiden Stellungen des Stabes entsprechen; und wenn sie nahe gleich sind, kann das Mittel aus diesen Ablenkungen als herrührend von der vertheilten Kraft betrachtet werden.

Erste Beobachtung.

Wirkend. Stabende:	Südpol,	Ables.	=14° 8′	Ablenk.	=17° 0′
- -	Nordpol	-	=82 51	-	=17 22
Stab fortgenommen		-	=48 7	Mittel	=17 11

Neigung geg. d.Senkrecht.	v.	Skalentheile.	Winkel-Untersch.	u beobacht.	u. berechnet.	Unterschied.
+14° 30′	33° 40′	2,2	−1° 56′,2	15° 14′,8	15° 14′,5	+0′,3
+10 0	29 10	13,2	−1 12,4	15 58,6	15 57,2	+1,4
+ 5 0	24 10	23,1	− 33,0	16 38,0	16 37,8	+0,2
0 0	19 10	31,4	0,0	17 11,0		
− 5 0	14 10	37,5	+ 24,3	17 35,3	17 36,7	−1,4
−10 0	9 10	42,8	+ 45,4	17 56,4	17 54,7	+1,7
−13 30	5 40	45,8	+ 57,3	18 8,3	18 2,7	+5,6

Zweite Beobachtung.

Wirkend. Stabende:	Südpol.	Ables.	=14° 23′	Ablenk.	=16° 36′
- -	Nordpol	-	=82 15	-	=17 20
- -		-	=47 35	Mittel	=16 58

Neigung geg. d.Senkrechte.	ψ.	Skalentheile.	Winkel-Untersch.	u. beobacht	u. berechnet.	Unterschied.
+15° 0′	34° 10′	2,6	−2° 1′,8	14° 56′,2	14° 57′,8	−1′,6
+10 0	29 10	14,4	−1 14,8	15 43,2	15 45,0	−1,8
+ 5 0	24 10	24,8	− 33,4	16 24,6	16 25,2	−0,6
0 0	19 10	33,2	0,0	16 58,0		
− 5 0	14 10	40,0	+ 27,1	17 25,1	17 23,3	+1,8

Zu den vorstehenden Beobachtungen wurde ein Fernrohr von schwacher Vergröfserungskraft angewandt, und der Bogenwerth jeder Abtheilung der Skale, die 18 Zoll vom Spiegel entfernt war, betrug 3′,98. Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Resultaten übersteigen daher im Allgemeinen nicht den Betrag, den man billig den Beobachtungsfehlern zuschreiben kann. Die Uebereinstimmung genügt, als Thatsache festzustellen, dafs die Veränderungen der durch Vertheilung erregten Kraft des Stabes, innerhalb der beobachteten Gränzen, proportional sind denen der vertheilenden Wirkung. Es ist auch wichtig zu bemerken, dafs die in diesen Versuchen erzeugten Veränderungen jener temporären Kraft weit gröfser sind als jegliche, die aus Variationen der verticalen Componente des Erdmagnetismus entspringen könnten; und deshalb können diese Versuche als strenge Zeugen der Leistungen des Instruments angesehen werden.

Die vorstehenden Beobachtungen zeigten ferner, dafs den Veränderungen in der vertheilenden Kraft *augenblicklich* ihre Wirkungen auf den hängenden Magnet folgen, so dafs die Aenderungen der durch Vertheilung erregten Kraft keine merkbare Zeit zu ihrer Entfaltung bedürfen. Es blieb nur noch etwas vollkommener auszumitteln, in wiefern sehr kleine Aenderungen der wirkenden Kraft den magnetischen Zustand des Stabes zu ändern vermöchten. Zu dem Ende wurde die Neigung des Stabes gegen die Verticale von halbem zu halbem Grad geändert, und jedesmal die entsprechende Ablesung an der Skale gemacht. Der *mittlere* Unterschied der folgweisen Ab-

lesungen zeigte sich sehr genau übereinstimmend mit dem berechneten Unterschied: während die *partiellen* Unterschiede nicht über die Gränzen der Beobachtungsfehler hinaus vom Mittel abwichen. Es läfst sich daher annehmen, dafs die Aenderungen der durch Vertheilung in dem Eisenstab erregten Kraft stetig sind, und dafs demgemäfs die Empfindlichkeit des Instruments nur beschränkt ist durch die optische Kraft, welche zur Beobachtung der Aenderungen in der Lage des hängenden Magnets angewandt wird [1]). Bei den oben beschriebenen Versuchen betrug der Winkelwerth der Skalentheile 3',98: durch Aenderungen, die ich seitdem mit dem abzulesenden Theil des Apparates vorgenommen habe, sind die Skalentheile nahe auf denselben Werth gebracht, den sie in dem Declinations-Messer besitzen, so dafs die Ablesungen mit Sicherheit bis unter ein Zehntel einer Minute gemacht werden können. Gegenwärtig beträgt die Inclination zu Dublin etwa 70° 50'; und da der Eisenstab in seiner actuellen Stellung die mittlere Ablenkung von etwa 19° hervorbringt, so folgt aus (7), dafs die Aenderungen der Inclination sich sehr nahe mit demselben Genauigkeitsgrad ergeben als die beobachteten Aenderungen des Winkels.

Die letzte Probe, welcher das Instrument unterworfen ward, war: es, seiner Bestimmung gemäfs, eine Zeit lang zu regelmäfsigen Beobachtungen von Inclinationsveränderungen anzuwenden, und zu sehen, in wiefern die mittleren Resultate mehrwöchentlicher Beobachtungen überein-

1) Gegen diesen Schlufs spricht die Thatsache, dafs beträchtliche Aenderungen in der temporären Kraft von einigen *permanenten* Polaritätsänderungen begleitet zu seyn scheinen; und man könnte annehmen, dafs dasselbe in verhältnifsmäfsigem Grade stattfinde bei den kleinen Aenderungen, welche durch Variationen der Erdkraft hervorgebracht werden. Es ist Sache fernerer Untersuchungen, auszumitteln, wie weit solche permanente Aenderungen, wenn sie stattfinden, der Genauigkeit der Resultate schaden mögen.

stimmend das Gesetz der täglichen Variation darthun würden. Demgemäfs wurde das Instrument fünf Wochen hinter einander, Tag und Nacht, jede zweite Stunde beobachtet und die Mittel berechnet, mit Ausnahme derjenigen Tage, an welchen die Reihe durch vorgenommene Ajustirungen unterbrochen ward. Die gegenwärtig der Academie vorgelegten Curven repräsentiren die Resultate der Beobachtungen aus jeder dieser Wochen, zusammen mit dem Mittel aus allen. Ein Blick auf dieselben zeigt genügend, dafs die Curven der einzelnen Wochen mit einander und mit dem Mittel so nahe übereinstimmen, wie nur von den Resultaten so beschränkter Reihen erwartet werden kann. Die Abweichungen sind nur von der Art, wie sie aus den bekannten Unregelmäfsigkeiten in der Richtung der erdmagnetischen Kraft hervorgehen.

X. *Ueber die plötzliche und vollkommene Entfernung der Anziehungskraft aus Elektromagneten; von Alexander.*

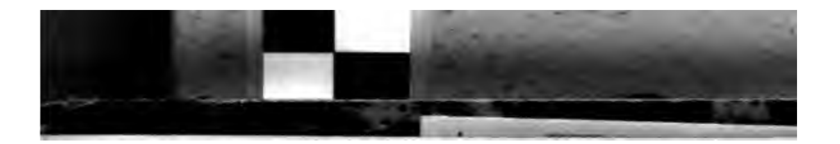
Prof. an der polytechnischen Schule in München.

Elektromagnete haben in wissenschaftlicher wie in practischer Beziehung gegenwärtig einen Grad von Wichtigkeit erlangt. Jede daran gemachte Beobachtung, die dazu beiträgt mit deren Natur und Wirkungsweise genauer bekannt zu werden, verdient daher unsere Aufmerksamkeit. Von dieser Art scheint mir eine bei meinen Versuchen gemachte Erfahrung zu seyn, die ich daher hier mittheilen möchte. Ich hatte mich nämlich seit längerer Zeit mit der Anfertigung elektromagnetischer Rotationsapparate beschäftigt, wobei ich die practische Seite vorzüglich im Auge hatte. Als Bewegungsprincip hatte ich das von Prof. Steinheil angegebene Princip des Ankerschlusses ge-

wählt, weil ich mich aus mehrfachen Gründen von dessen Vorzügen überzeugt hatte. Ein durch eine Grove'sche Batterie erzeugter Elektromagnet in Hufeisenform zog seinen Anker in demselben Momente an, in welchem die galvanische Kette durch die Kupferspirale des Elektromagneten geschlossen ward. Der Anker drückt mit seiner Verlängerung auf den Krummzapfen der Axe eines Rades, das dadurch in Bewegung geräth. Durch das Schwungrad darin erhalten, gelangt der Krummzapfen endlich unter die Verlängerung des Ankers, hebt diesen in die Höhe und erreicht dabei seinen höchsten Stand, weil inzwischen durch den Commutator die Kette geöffnet war. In dem nächsten Momente, nachdem der Krummzapfen seinen höchsten Stand erreicht hatte und hier einen Augenblick in Ruhe war, schliefst der Commutator den Strom, das Hufeisen wird wieder Elektromagnet, zieht den Anker an, dieser drückt wieder auf den erwähnten Krummzapfen u. s. w., und so kommt das Rad in Rotation.

Hier begegnete ich nun einer höchst unangenehmen Schwierigkeit, nämlich dem Festhalten des Ankers in Folge zurückgebliebener Anziehungskraft im weichen Eisen, nachdem die Kette geöffnet war. Anfangs bestand mein Commutator aus einem in Quecksilber tauchenden Kupferdrahte, später aber, um das Herausschleudern des Quecksilbers und die durch den äufserst intensiven elektrischen Funken entstehenden Quecksilberdämpfe zu vermeiden, aus einer Stahlfeder, die gegen eine am Rande ausgeschnittene Kupferscheibe federte, also einer Art Jacobi'schem Commutator. War die Kette durch diesen geschlossen, so wurde der Schlufsanker mit einer Zugkraft von 170 Pfund vom Hufeisen angezogen. Die Grove'sche Batterie hatte fünf Elemente, und das Hufeisen selbst wiegt ohne Kupferdrähte etwa 7 bis 8 Pfund.

Wurde dieser Elektromagnet in dem erwähnten Rotationsapparate angebracht, so rifs er den Anker zwar



mit grofser Gewalt an sich, liefs ihn aber auch nicht mehr los, nachdem der Strom nicht mehr durch den Umwicklungsdraht des Elektromagnets ging, und alle Rotation hatte ein Ende. Mit einer bedeutenden Kraft konnte erst der Anker abgerissen werden. Wenn bei Elektromagneten in physikalischen Vorlesungen die Ankerbelastung in eben dem Momente abfiel, in welchem die Kette geöffnet wurde, so war eben nur dieses Gewicht Schuld, ein kleineres und doch noch bedeutendes würde länger getragen worden seyn. Ein Metallarbeiter, der sich zur Trennung der Eisenspäne von Messing- und anderen Spänen, statt des dazu üblichen Stahlmagnets, eines Elektromagnets bedienen wollte, würde diesen Umstand noch störender fühlen, da seine angezogenen Eisenspäne nicht freigelassen werden. Um diesen Uebelstand zu heben, und ausgehend von der Ansicht, dafs das Eisen des Elektromagnetes nicht weich genug sey, obwohl es vom besten schwedischen Eisen und so weich war, dafs ich mit dem Messer Einschnitte machen konnte, — liefs ich das Hufeisen kirschroth ausglühen, und darauf in Asche, um recht langsam zu wirken, 36 Stunden lang abkühlen. Ich konnte glauben, dafs nun keine Spur von Härte mehr vorhanden, und in Folge dessen die Eigenschaft, ertheilten Magnetismus zu bewahren, verschwunden seyn müsse, um so mehr, da das Hufeisen nach dem Ausglühen nicht einen einzigen Hammerschlag mehr erhalten hatte. Nachdem aber die Kupferspirale wieder aufgewickelt und das Hufeisen in den Rotationsapparat gebracht worden, zeigte der Elektromagnet die nämliche Erscheinung wie früher. Er liefs bei offner Kette den Anker nicht los. So ging es mir mit fünf Hufeisen, die zu Apparaten der Art bestimmt waren. Auch das kleinste Eisen hatte noch eine Zugkraft von 8 bis 10 Pfund, genug, um den Anker festzuhalten und die Rotation zu stören. Ich hatte vor, einen Stahlmagnet für einen magneto-elektrischen Rotationsapparat durch einen kräftigen Elektromagnet zu strei-

chen, und wählte hiezu das erwähnte weiche Hufeisen. Meine Batterie war die Zink-Platin-Batterie von Grove. Ehe die Kupferspirale des Hufeisens mit der Batterie verbunden wurde, ward letzteres von den beiden Polplatten aus durch eine untergehaltene Weingeistflamme so erwärmt, dafs das unter der Kupferspirale auf dem Hufeisen aufgetragene Siegellack anfing zu schmelzen. Nun wurde der galvanische Strom mehrere Stunden lang durch den Kupferdraht des Hufeisens hindurchgeleitet, während die Erwärmung des Hufeisens durch eine Weingeistflamme in der angegebenen Weise fortgesetzt wurde. Unter dieser Behandlung wurden die einzelnen Lamellen des anzufertigenden Stahlmagnetes an den Polen des Elektromagnets gestrichen. Nachdem die Lamellen gestrichen und zum Magnete zusammengesetzt waren, hatte der Stahlmagnet eine Tragkraft von 40 Pfund, die er bis zur Stunde noch hat. Durch diese Erwärmung sollte auch jene Härte aus dem Hufeisen vertrieben werden, die nach dessen Ausglühen durch das Aufwickeln des Kupferdrahtes und die damit verbundene Behandlung etwa darin erzeugt worden seyn könnte. Der galvanische Strom selbst entwickelte so viel Wärme, nachdem die Flamme weggenommen war, dafs das Hufeisen ganz heifs wurde. Nachdem nun dieses Eisen in die mehrerwähnte Rotationsmaschine gebracht worden, zog es jenen Anker gewaltsam an, liefs ihn aber in dem nämlichen Augenblicke wieder los, in welchem die Kette durch den Commutator geöffnet wurde. Diese Eigenschaft besitzt genannter Elektromagnet noch bis zur Stunde nach mehr als einem halben Jahre. Das Schwungrad der Maschine hat einen Fufs Durchmesser, und macht mit der Grove'schen Batterie von fünf Elementen Gröfse gegen 200 Umdrehungen in der Minute.

Wenn auch Elektromagnete vorkommen, die, obwohl aus ganz gewöhnlichem Eisen und ohne sorgfältige Behandlung gefertigt, sogleich bei jeder Oeffnung der Kette

den Anker auslassen, so werden auch solche gefunden, die diese Eigenschaft nicht haben, und diefs beweist meine eigene Erfahrung. Wenn also zu bestimmten Zwecken ein Elektromagnet diese Eigenschaft des plötzlichen Verschwindens der Anziehungskraft besitzen soll, und sie nicht besitzt, so scheint das nochmalige Erwärmen des Hufeisens, nachdem der Kupferdraht aufgewickelt ist, von gutem Erfolge zu seyn, vorzüglich wenn gleichzeitig ein starker galvanischer Strom durch die Kupferspirale des Elektromagnets geleitet wird. Der beschriebenerweise behandelte Elektromagnet hält bei geöffneter Kette nicht einmal mehr seinen Anker fest, der aus einem ganz dünnen Eisenstäbchen besteht, das in Holz eingelassen ist, und mit diesem nur wenige Lothe wiegt.

XI. *Einwirkung der Flamme auf die Spannungselektricität; von J. Petrina in Linz.*

Von den vielen Versuchen, die ich über diesen Gegenstand seit November des verflossenen Jahres angestellt habe, will ich hier nur jene mittheilen, die, meiner Meinung nach, die Freunde der Elektricitätslehre am meisten interessiren dürften.

1) Elektrisirt man ein Paar in der Luft hängende Hollundermarkkügelchen positiv oder negativ, so fallen sie augenblicklich zusammen, wenn man sich ihnen von welcher Seite immer, mit was immer für einer Flamme nähert, oder mit derselben bei ihnen, selbst in der Entfernung von einigen Zollen, wie schnell immer, vorüberführt.

2) Eine isolirte stark elektrische Metallkugel verliert durch das Vorüberfahren mit einer Flamme ihre Elektricität so, dafs sie dann kaum noch auf ein empfindliches Elektroskop wirkt.

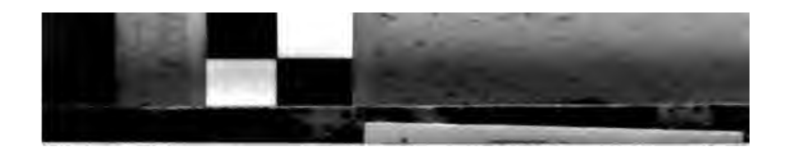
3) In der Nähe einer Flamme oder einer weifsglühenden Eisenkugel kann man den Hollundermarkkügelchen weder positive noch negative Elektricität mittheilen, man mag den durch Reibung oder, wie immer, elektrisch gewordenen Körper, von welcher Seite immer den Kügelchen nähern.

4) Nähert man der Kugel eines Goldblatt- oder Strohhalmelektroskops von einer Seite die Flamme einer Kerze, und von der andern einen elektrischen Körper, der auf das Elektroskop vertheilend, jedoch nur so stark wirkt, dafs die Goldstreifen oder Strohhalme nicht anschlagen, entfernt dann langsam die Flamme und den Körper, jene etwas früher als diesen, so ist das Elektroskop etwas geladen, und zwar mit der Elektricität des genäherten Körpers.

5) Ein durch Vertheilung elektrisch gewordener Cylinder wird mit dem vertheilenden Körper entgegengesetzt oder gleichnamig elektrisch, je nachdem man sich seinem ab- oder zugekehrten Ende mit einer Kerzenflamme auf einen Augenblick genähert, und ihn dann aus der Wirkungssphäre gebracht hat.

6) Die Einwirkung der Flamme auf einen elektrischen Körper wird durch einen jeden festen Körper, der dazwischen gelegt wird, er sey noch so dünn, schlechter oder guter Leiter der Elektricität, als: Holz, Papier, Glas, Metallplättchen u. s. w., aufgehoben.

7) Eine Kerzenflamme zeigt in der gewöhnlichen Luft, wenn man sie mit einem noch so empfindlichen Elektroskope prüft, keine Spur von Elektricität: ist aber die Luft um die Flamme etwas elektrisch, hat man z. B. in einem Zimmer mit der Reibungselektricität experimentirt, so zeigt die Flamme sogleich den elektrischen Zustand der Zimmerluft an, indem sie ein in ihre Nähe gebrachtes Elektroskop ladet. Bedient man sich zu diesem Versuche des mit einem guten Condensator versehenen Elektroskops von Bohnenberger, so kann man damit



ıd der Kerzenflamme den geringsten Grad elektrischer
›annung der Luft entdecken.

8) Stellt man auf den Conductor der Elektrisirmahine eine brennende Kerze, so ladet er sich nicht; denn
e Elektricität wird von der Flamme nach allen Richngen zerstreut. Nach einer kurzen Zeit, etwa zwanzig
mdrehungen meiner schwachen Handelektrisirmaschine,
nd ich die Luft im ganzen Zimmer elektrisch, und 60
mdrehungen reichten hin, um die Luft im zweiten, ja
›ch im dritten Zimmer, auf 50 Fufs Entfernung, in ei-
›r elektrischen Spannung zu finden. Die Thür des zwein und dritten Zimmers mufs offen seyn, wenn man die
uft darin elektrisch finden will, auch dürfen sich keine
›hen Gegenstände im Wege befinden; denn in der Nähe
›r Wände oder nicht isolirter Gegenstände ist selbst
ı ersten Zimmer die Luft unelektrisch. Uebrigens ist
nicht nöthig, dafs die Elektrisirmaschine der Thür genübersteht.

9) Wenn man bei vorhergehendem Versuche auch
ne brennende Kerze in den Raum stellt, dessen elekischen Zustand man dann prüfen will, so ist die Wirıng stärker.

10) Die Flamme entladet eine positiv oder negativ
ıladene Leidner Flasche, wenn sie sammt der Kerze in
e Kette gebracht wird, in einer sehr kurzen Zeit voll-
›mmen, ohne Geräusch oder Funken.

11) Eine Leidner Flasche von einem Quadratfufse
ıfserer Belegung kann in einer bedeutenden Entfernung
›n der Maschine, ohne alle Verbindung mit ihr, blofs
ırch Vermittlung der Kerzenflamme geladen werden.
lan bringt bei diesem Versuche eine brennende Kerze
n Conductor der Flasche so, dafs die Flamme den Knopf
›sselben berührt. Stellt man die Flasche einige Fufs
›n der Maschine und anderen Gegenständen entfernt,
›rbindet das äufsere Belege mit dem Fufsboden, und
ringt die Maschine in Thätigkeit, so ladet sich die Fla-

sche. Bei diesem Versuche ist es gut die Flamme vom Conductor der Flasche, früher als man aufgehört hat zu drehen, wegzuziehen, weil sie sonst auf die Flasche entladend wirkt. Bei meiner schwachen Maschine hat sich die Flasche bei 4 Fufs Entfernung bedeutend stark geladen, bei 6 Fufs noch stark, bei 8 Fufs noch zum Funken, und bei 12 Fufs erhielt ich noch deutliche Spuren von einer Ladung.

Die Ursache dieser Einwirkung der Flamme auf die statische Elektricität rührt nicht her, wie man leicht glauben könnte, von der durch den Verbrennungsprocefs bewirkten Bewegung der Luft; denn zwei sich abstofsende elektrische Kügelchen fallen nicht zusammen, man mag sie noch so schnell in der Luft bewegen, oder die Luft ihrer Umgebung durch einen Blasebalg in ein Strömen versetzen. Diese Einwirkung kann auch nicht der Wärme der Flamme zugeschrieben werden; denn die Kügelchen fallen nicht zusammen, wenn man sie einem, wie immer, stark erhitzten Ofen, so sehr als nur immer möglich ist, nähert, und selbst längere Zeit in dieser Hitze läfst, oder wenn man in der Nähe der Kügelchen eine dunkelglühende Metallkugel längere Zeit hält. Es scheint auch nicht das Licht die Ursache dieser Erscheinung zu seyn; denn weder im directen Sonnenlichte, noch im Brennpunkte einer Linse oder eines Spiegels fallen die Kügelchen zusammen. Dafs es aber auch nicht die Wirkung der Spitzen ist, dafür scheint mir Folgendes genügend zu sprechen. Ein System von mehr als 60 an einer leitenden Basis angebrachten Nähnadeln vermag nicht zwei sich abstofsende plus oder minus elektrische Kügelchen ohne Berührung schnell zu entladen. Ladet man eine Flasche negativ, versieht ihren Conductor mit Spitzen, und nähert sich dann diesen mit einem Paar mit negativer Elektricität sich abstofsenden Kügelchen, so werden diese von den Spitzen abgestofsen, und fallen nicht zusammen, die Flasche mag isolirt seyn oder nicht; ver-

sicht man aber den Conductor mit einer Kerzenflamme, so werden die angenäherten Kügelchen entladen und fallen sogleich zusammen. Aus allen über diesen Gegenstand angestellten Versuchen glaube ich folgern zu dürfen, dafs die hier besprochene Erscheinung ihren Grund in dem Verbrennungsprocesse habe. Der Sauerstoff scheint nur bei einem bestimmten elektrischen Zustande (vielleicht dem Nullzustande) die chemische Verbindung einzugehen, diesen Zustand bis auf eine beträchtliche Entfernung von der Verbindungsstelle anzunehmen und zu behaupten, und so die überschüssige Elektricität, mit der er vielleicht geschwängert war, in die Ferne zu leiten, oder im Falle er negativ war, die mangelnde aus der Ferne anzuziehen. Wiewohl sich hier nicht unwichtige Folgerungen machen liefsen, so will ich sie dennoch diefsmal der Kürze wegen stillschweigend übergehen.

XII. *Thermo-chemische Untersuchungen; von Hrn. H. Hefs.*

(Fortsetzung der im Bd. LIII S. 547 abgebrochenen Abhandlung. — Aus dem Bullet. der Petersburger Acad. vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

101) Die Schwefelsäure ist ein so kräftiges Reagens, man kommt so häufig in den Fall dieselbe zu gebrauchen, und wir sehen sie in den nachfolgenden Untersuchungen so oft figuriren, dafs ich es für nöthig hielt, die Bestimmung der von ihr entwickelten Wärmemenge noch einmal vorzunehmen. Auch mehre andere Betrachtungen forderten diefs. Meine ersten Versuche hatten für eine Proportion die Zahl 43,8 gegeben (§. 3). Später erhielt ich weit kleinere Zahlen, 38,9 und 38,85. Als ich aber die von der wasserfreien Säure entwickelte Wärme bestimmte, fand ich direct durch Vermengung

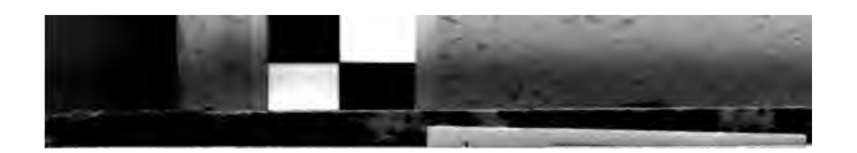
510,1 (§. 11). Annehmend 38,9 für eine Proportion, wurde die Summe der durch die wasserfreie Säure entwikkelten Wärme 505,96. Der Versuch, welcher die stärkste Wärmemenge messen mufste, würde eine zu grofse Zahl gegeben haben, während der wahrscheinliche Fehler sich im entgegengesetzten Sinne befand und die beobachtete Zahl noch zu klein seyn mufste. Glaubend dafs ein höherer Grad von Genauigkeit erreicht werden könnte, wenn mit gröfseren Massen gearbeitet würde, unternahm ich neue Versuche. Mein Zweck war, das Verhältnifs der Oberfläche des Apparats zu seinem Inhalt abzuändern. Abgerechnet die gröfseren Dimensionen, war mein Calorimeter nach demselben Princip construirt, wie der §. 5 beschriebene.

Jedesmal, wenn das Thermometer beobachtet wurde, schützte ein Pappschirm den Apparat vor der Wärme des Körpers. Was den Wärmeverlust während der Dauer des Versuchs betrifft, so wurde die Berichtigung zur Compensation desselben folgendermafsen vollzogen. Der Versuch IV hatte nachstehende Temperaturbeobachtungen geliefert.

Temperatur der Luft +21° C.

Anfangstemperatur des Wassers	15°,95	bei 11^h	6′
	21	- —	8
	26	- —	12
Maximum	26,23	- —	15
	26,15	- —	30.

Zwei Minuten hatten hingereicht, um die Temperatur des Apparats gleich der der umgebenden Luft zu machen. Zwei Minuten später war er eben so lang über der Temperatur der Luft gewesen, als er darunter gewesen war. Ich nahm an, dafs diese beiden Intervalle einander compensirten. Von 11^h 10′ bis 11^h 5′ fand während 5′ ein Wärmeverlust statt. Allein der Apparat gebrauchte darauf 15′ auf 26° 23′ auf 26° 15′ zu gelangen; d. h. für ein Temperatur-Intervall von 0,08. Ich nehme also



also für ein Drittel dieser Zeit das Drittel dieses Verlustes, d. h. 0,026 als Correction. Sie ist nicht streng, und man hätte ihr mittelst einer Interpolationsformel, gestützt auf eine über das Erkalten des Apparats gemachte Reihe von Beobachtungen, eine anscheinend gröfsere Genauigkeit verleihen können; allein ich habe mich bald überzeugt, dafs diefs nur illusorisch seyn würde. Es mufs nämlich während des Versuchs das Wasser beständig umgerührt werden. Nun aber hängt der Verlust und Gewinn an Wärme, aufser allen andern Ursachen, wesentlich von der dem Wasser eingeprägten Bewegung ab. Diese Bewegung machte man so gleichförmig als es mit der Hand geschehen konnte. Um aber eine genaue Berichtigung zu erhalten, müfste die Bewegung in aller Strenge gleichförmig seyn. Wer ein wenig über die Aufgabe nachdenkt, wird sie, über gewisse Genauigkeitsgränzen hinaus, mit so vielen Schwierigkeiten besetzt finden, dafs er mir bald darin beistimmen wird, es komme hauptsächlich darauf an, dafs die erforderliche Berichtigung so klein wie möglich sey. Im gegenwärtigen Fall bestand sie in der Vergröfserung von 10° 28′ um 0°,026, d. h. um weniger als $\frac{3}{1000}$.

102) Die sorgsamste Beachtung erfordert eine andere Fehlerquelle, nämlich die Zusammensetzung der angewandten Säure. Ich bestimmte sie immer mittelst des Aräometers (§. 89) unter Rücksicht auf die Temperatur der Flüssigkeit. Zu dem Ende mufste man die Angabe des Instruments prüfen, ferner auch die wesentlichen Punkte der Ure'schen Tafeln. Alle diese vorläufigen Versuche waren nur mit grofsem Zeitverlust zu machen. Endlich, nachdem ich mich, so weit es in meiner Macht stand, vor Fehlerquellen gesichert hatte, erhielt ich für eine Wärmeportion:

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	43,60	42,90	43,46	47,20	46,00	40,00	45,80	41,00

Mittel (den Versuch 6 dabei ausgeschlossen):

44,26.

163) Ich konnte indefs diesem Mittel noch nicht ganz trauen. Bei allen meinen Versuchen war ich von einer Säure von 1,84 Dichte ausgegangen, und der Versuch war nach der Formel (§. 89):

$$\frac{mt'}{ya+zb}=x$$

berechnet, worin y und z die Zahlen der, je nach der Menge des angewandten Wassers, entwickelten Proportionen sind. Alles hing also von dem Wassergehalt der angewandten Säure ab. Ich habe mich aber überzeugt, dafs diese Bestimmung wenigstens eben so schwierig als die der entwickelten Wärme ist. Ich machte mich also wieder daran, Säuregemenge von bestimmter Zusammensetzung zu bereiten. Man ist im Stande dem Gemenge so lange nachzuhelfen bis es vollkommen richtig ist, und erst alsdann bedient man sich desselben. Darauf setzte ich die Mengungsmethode in's Werk. Die zur Aufnahme der Säure angewandte Masse Wasser betrug abwechselnd 1 Liter und 5 Liters. Ich operirte also in zwei Glasgefäfsen. Sie waren genau gewogen, berichtigt wegen ihrer specifischen Wärme nach der von Regnault gefundenen Zahl. Das angewandte Thermometer war mit einem Normalthermometer des physikalischen Kabinets verglichen.

Was endlich die Berichtigung wegen der specifischen Wärme des Gemenges betrifft, so glaubte ich nicht, die specifische Wärme durch einen directen Versuch bestimmen zu müssen; denn da das Gemenge sehr verdünnt war, so mufste sich dessen specifische Wärme mehr oder weniger der Einheit nähern, und jeder etwaige Fehler in deren Bestimmung würde durch eine sehr grofse Zahl multiplicirt worden seyn. Ich habe die Annahme vorgezogen, dafs die specifische Wärme des Gemenges das



Mittel sey aus der des Wassers und der der angewandten Säure. So z. B.: Menge des angewandten Wassers 5000 Grm., Säure $\dot{H}^6\dddot{S}$=705 Grm., Spec. Wärme der bestimmten Säure =0,6157, also berichtigte Säure:

$$\begin{array}{r} 434,1 \\ 5000 \\ \hline 5434,1. \end{array}$$

Allein die Dichte des resultirenden Gemenges ist =1,04. Jeder bei directer Bestimmung begangene Fehler würfe sich also auf die ganze Masse, während er in dieser Weise auch einen weit weniger beträchtlichen Theil fällt. Sieht man darauf, das Wasser so kalt zu nehmen, dafs die Endtemperatur die der umgebenden Luft höchstens um 2° übertrifft, so bedarf es keiner merklichen Berichtigung für den Wärmeverlust. Denn die Mengung bewerkstelligt sich in 20 oder höchstens 30 Sec., und es bedarf mehr als 7 Minuten, damit darin das Thermometer 0°,1 sinke.

104) Die erhaltenen Resultate waren:

	Angewandte Säure.		Zahl der Proportionen.
No. 1	$\dot{H}^3\dddot{S}$	95,2	3
- 2	$\dot{H}^8\dddot{S}$	93,16	2
- 3	$\dot{H}^4\dddot{S}$	76,97 } 21,30 }	2
- 4	dito	77,5 } 21,3 }	2
- 5	$\dot{H}^6\dddot{S}$	47,8	1
- 6	dito	46,73	1
- 7	dito	46,30	1
- 8	$\dot{H}^2\dddot{S}$	134,2	3
- 9	dito	132,2	3
- 10	$\dot{H}\ \dddot{S}$	45,0	1
- 11	dito	46,76	1
		884,42	19
	Mittel	46,55.	

Es ist nothwendig zu bemerken, dafs man, da die Säure $\dot{H}^4\dddot{S}$ kein Multiplum in einfacher Zahl liefert, zu der erhaltenen Zahl hinzufügte: 21,3, was die beim Uebergang von $\dot{H}^3\dddot{S}$ in $\dot{H}^4\dddot{S}$ entwickelte Wärme ist. Alsdann stellt die Summe genau zwei Proportionen vor. Was No. 10 und 11 betrifft, so wurde, da die Säure nicht genau $\dot{H}\dddot{S}$ war, das Aequivalent nach vorhin erwähnter Formel berechnet, und deshalb brachte man für diesen Versuch nur eine einzige Proportion in Rechnung:

105) Von diesem Mittel ausgehend, sehen wir, dafs die Säure von der angezeigten Zusammensetzung nach der Formel mit einem Ueberschufs an Wasser entwickelt:

	Gefunden.	Berechnet.	Multiplicirt mit 5,01.
$\dot{H}\dddot{S}$	229,41	232,75	1166,5
$\dot{H}^2\dddot{S}$	134,2	139,63	699,8
$\dot{H}^3\dddot{S}$	94,18	93,10	466,5
$\dot{H}^6\dddot{S}$	46,94	46,55	235,25.

Anlangend die von der wasserfreien Säure entwikkelte Wärme, so bleibt sie dieselbe, und da ihre Menge 510,1 ist, so macht diefs 11 Proportionen, deren Summe 512,05 seyn würde. Das erste Atom Wasser würde also 6 Proportionen Wärme entwickeln. Da diese Zahlen sich auf eine willkührliche Einheit ($\dddot{S}=1$) beziehen, so mufs man sie mit 5,01 multipliciren, um sie auf das Gewicht des Sauerstoffs, als Einheit genommen, zurückzuführen. Für die wasserfreie Säure wird die Zahl =2566, und für die wasserhaltige findet sie sich in der letzten Spalte der obigen Tafel.

106) Das Calorimeter lieferte also beständig eine zu kleine Zahl. Es war nun wichtig zu wissen, ob diefs von der Einrichtung des Apparats oder von der behandelten Materie herrühre. Im ersten Fall würden alle mit diesem Apparat erhaltenen Zahlen einer Berichtigung bedürfen. Um mich darüber aufzuklären machte ich ver-

gleichende Versuche, indem ich die Säure zu alkalischen Lösungen setzte; ich fand genau dieselben Zahlen. Somit konnte ich mich versichern, dafs das Calorimeter richtige Data gab. Später fand ich, dafs das Calorimeter nothwendig zu kleine Zahlen für die Schwefelsäure gab, wenn diese mit Wasser verdünnt war, weil es unmöglich war so viel Wasser hinzuzusetzen, dafs die letzte Menge Wärme vollständig ausgetrieben worden. Ich hebe diesen Punkt hervor, da er mir lange anstöfsig war.

107) Nachdem die Verhältnisse für die Schwefelsäure festgestellt waren, fragte es sich nun zunächst, ob die Salpetersäure denselben Zahlen folge wie die Schwefelsäure. Schon im §. 90 habe ich die Schwierigkeiten angezeigt, welchen die Mengungsmethode ausgesetzt ist, wenn sie in gewissen Gränzen ausgeführt wird. Ich habe gefunden, dafs man einen grofsen Theil dieser Schwierigkeiten vermeiden kann, wenn man das Volum der angewandten Flüssigkeit bedeutend vergröfsert. Den gröfsten Einflufs auf diese Resultate hat der wahre Säuregehalt der Säure, der streng immer schwierig auszumitteln ist.

108) Hier die Uebersicht der angestellten Versuche:

Zusammensetzung und Dichte.	Säure		Glas			Entwickelte Wärme für ein Atom Säure.
	Menge.	specifische Wärme.	berichtigt	Wasser.	Temperatur-Erhöhung.	
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}\dot{H}$	226,5	0,455	308	5000	5°,15	1002,5
1,51	151	0,455	136,9	1150	14 ,8	1085
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}\dot{H}^2$	441	0,514	308	5000	6 ,4	719,8
1,485	222	0,514	308	5000	3 ,2	704,8
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}\dot{H}^4$	709,9	0,5889	308	5000	5 ,7	513,4
1,42	213	0,5889	136,9	1000	8 ,2	542,8
$\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}\dot{H}^8$	198	0,720	136,9	1000	2 ,6	262,5
1,32	660	0,720	308	5000	1 ,9	262,5

109) Aus dieser Tafel ist einleuchtend, dafs die Säure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}\dot{H}^8$ halb so viel Wärme entwickelt als die Säure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}\dot{H}^4$, und letztere wiederum halb so viel als die Säure $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}\dot{H}$. Ich glaube demnach ohne merklichen Fehler folgende Vertheilung, wobei die Säure als gemengt mit einem Ueberschufs Wasser gedacht ist, annehmen zu können:

$\dot{H}\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$	1050	oder	6 ×175
$\dot{H}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$	700	-	4 ×175
$\dot{H}^4\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$	525	-	3 ×175
$\dot{H}^8\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{H}}$	262,5	-	1,5×175.

Bei allen diesen Versuchen sah ich darauf, dafs die aus der Vermengung hervorgehende Temperatur die der umgebenden Luft höchstens um 2° überstieg. Die Versuche, deren Resultate ich im §. 95 angegeben habe, wurden in einem kleineren Maafsstabe angestellt. Ich hatte gefunden, die Säure $\dot{H}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$ entwickelte 194,25, was, auf O=1 bezogen, 973,3 wird. Das Wesentliche ist: Die Summe der von $\dot{H}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$ mit einem Ueberschufs Wasser entwickelten Wärme zu kennen, und diefs Mal glaube ich keine merkliche Abweichung befürchten zu dürfen. Allein man sieht daraus, dafs die Zahl, welche ich Wärme-Aequivalent genannt habe, nicht mehr gleich ist für beide Säuren. Die stärkste Säure entwickelt die meiste Wärme.

110) Ich benutze diese Gelegenheit, um Vergessenes nachzuholen. Ich schlofs im §. 92 aus der Wärme, die ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und Salpetersäure entwickelte, dafs es eine Verbindung von ersterem mit letzterer geben müsse. Ich mufs hier bemerken, dafs diese Verbindung durch die Versuche von Jacquelin aufser Zweifel gesetzt worden ist; demselben gelang es sie zu isoliren. (*Annal. de chim. et de phys. T. LXX p.* 318.)

111) Ich hatte mich (§. 78 bis 86) in eine Erörte-

rung über die Constitution der schwefelsauren Salze eingelassen. Das hiefs sich in eine eben so wichtige als schwierige Frage einlassen, und erst als ich mich, obwohl wider Willen, in der Unmöglichkeit sah, directe Proben zu geben, nahm ich meine Zuflucht zu einer indirecten Argumentationsweise. Auch da noch war ich gezwungen eine Hypothese zu machen, nämlich anzunehmen, dafs das dritte Atom Sauerstoff in der Schwefelsäure weniger Wärme entwickle als jedes der beiden vorgehenden. Diese Annahme mufste bewiesen werden; nur um diesen Preis war die Ueberzeugung zu erlangen. Ich habe im §. 83 von mehren in dieser Absicht unternommenen Versuchen gesprochen. Man begreift leicht, welche Wichtigkeit ich auf das Gelingen legte. Endlich, nach vielen unnützen Versuchen sah ich, wie es so oft geschieht, dafs eins der einfachsten Mittel geradeswegs zum Ziele führte.

112) Ich bereitete mir zuvörderst recht reines kohlensaures Bleioxyd, zersetzte es darauf durch eine möglichst gemäfsigte Wärme, und erhielt dadurch gelbes Oxyd, welches kaum eine Spur Kohlensäure enthielt und äufserst zart war. Mengt man das so erhaltene Oxyd mit Schwefelblumen, ohne das Gemenge zu sehr zu reiben und, vor allem, ohne es zu comprimiren, macht einen Haufen davon und zündet es an, so geräth es bald in's Glühen, und nach beendigtem Versuch findet man, dafs blofs die Oberfläche schlecht oxydirt ist, das Innere der Masse aber in Sulfat, gemengt mit Bleioxyd, umgewandelt ist. Je kleiner der Ueberschufs an Bleioxyd ist, desto weniger gelingt die Operation, selbst in Sauerstoffgas. Ich fand, dafs 1 Th. Schwefel auf 50 bis 60 Th. Bleioxyd das zweckmäfsigste Gemenge gaben. Ist der Antheil Oxyd geringer, so hat man immer, selbst im Sauerstoff, zu befürchten, dafs sich etwas schweflige Säure bilde, und diefs macht die Resultate verwickelt. Ich machte den Versuch im Verbrennungs-Calorimeter. Der Sauerstoff wurde seitwärts hineingeleitet, und daher war die Ver-

brennung nicht ganz vollkommen. Folgendes sind die Details des Versuchs:

Apparat voll Wasser, gleichwerthig mit	10963 Grm. Wasser
Bleioxyd 302 Grm. ×0,05	15,1
Schwefel 4,25 - ×0,2	0,85
Gesammte Masse	$m = 10978{,}9$
Anfangstemperatur $t = 17°$ C.	$mt = 186630.$
Endtemperatur $t' = 18°{,}9$	

Es hatte sich ein wenig schweflige Säure gebildet. Der Rückstand, mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, um alles überflüssige Oxyd auszuziehen, hinterliefs 36,1 schwefelsaures Bleioxyd, die 3,828 Grm. Schwefel enthielten; von den 4,25 Grm. Schwefel entwichen also 0,422 als schweflige Säure. Wir haben also nach dem Versuch:

Für den Apparat	10963
Bleioxyd 0,276 . 0,05	13,8
Schwefelsaures Bleioxyd 36,1 . 0,087	3,1
	$m' = 10979{,}9.$

Die während des Versuchs entwickelte Wärme ist $m't' - mt = 20890$. Ein Theil dieser Wärme rührt von der Bildung der schwefligen Säure her. Da die Verbrennung eines Grm. Schwefel 2601 Wärme giebt, so haben wir, für 0,422 Schwefel, 1097,6 Wärme von 20890 abzuziehen. Der Rest 19793 ist durch Umwandlung des Schwefels in schwefelsaures Blei erzeugt, und giebt für 1 Grm. Schwefel 5171.

Ein zweiter Versuch wurde mit denselben Quantitäten der Substanzen gemacht. Es ist zu bemerken, dafs die Temperatur der umgebenden Luft an diesem Tage genau der beim vorhergehenden Versuche gleich war; sie war 18°,2. Der Apparat wurde auf die Temperatur 17° zurückgeführt; am Ende des Versuchs befand er sich auf 19°. Bei einem Grad Temperaturunterschied zwischen dem Apparat und der umgebenden Luft ward der Aus-

tausch der Wärme ungemein langsam. Diefsmal wurde der Sauerstoff von oben in den Apparat gebracht, in der Weise, dafs ein gleichförmiger Strom dieses Gases die ganze Oberfläche des Gemenges traf. Auch war die Verbrennung vollständig. Es gab mithin nichts für Bildung von schwefliger Säure abzuziehen. Berechnet, wie das erste Mal, gab dieser Versuch für 1 Grm. Schwefel 5174.

113) Die erhaltene Zahl ist aus mehren Elementen zusammengesetzt, zunächst aus der bei Bildung der Schwefelsäure entstehenden Wärme, dann aus der, die bei Verbindung der Säure mit dem Bleioxyd entwickelt wird. Man mufs also, zur Herleitung des Resultats, den Werth des einen dieser Elemente kennen. Suchen wir daher ihn kennen zu lernen.

Auf dem ersten Blick scheint es sehr leicht, Bleioxyd mit Schwefelsäure zu verbinden; allein ein Anderes ist, die dabei entwickelte Wärme zu bestimmen. Bedient man sich einer verdünnten Säure, so erfolgt die Verbindung nicht oder sehr langsam, und diefs macht die Bestimmung der entwickelten Wärme unmöglich. Wenn man aber ein Häufchen Bleioxyd mit ein Wenig recht concentrirter Schwefelsäure befeuchtet, so sieht man zunächst die unteren Theile des Oxyds sich mit Säure tränken, hierauf erhitzt sich das Gemenge bis zu dem Punkt, dafs es Schwefelsäure-Dämpfe ausstöfst, und dann ist es nicht selten, dafs der obere Theil des Oxyds bei der Verbindung mit den sauren Dämpfen sich entzündet. Durch Anwendung von concentrirter Säure kann man also zum Ziel gelangen. Mehre im Calorimeter ausgeführte Versuche bewiesen mir, dafs die Verbindung niemals gehörig von Statten geht, wenn man Base und Säure in dem zu ihrer gegenseitigen Sättigung erforderlichen Verhältnifs anwendet; es mufs eine von ihnen vorwalten, und zwar kann man nur mit einem Ueberschufs von Säure zu einem genügenden Resultate gelangen. Ich be-

diente mich zum Vermengen eines Kupfercylinders, der aufrecht inmitten des Kastens des Calorimeters befestigt war. Der Deckel desselben trug ein Messingrohr, welches aus dem Wasser des Calorimeters hervorragte und somit das Innere des Cylinders mit der äufseren Luft in Gemeinschaft setzte. Diefs Rohr war so weit, dafs es den Stiel eines zur Beschleunigung der Mengung dienenden Rührers durchliefs, und die Säure einzugiefsen erlaubte. Die letztere konnte nur nach Maafsen hineingebracht werden. Das Wasser wurde durch einen eigends dazu bestimmten Rührer in Bewegung gesetzt.

Auch wenn alle zum Versuch bestimmte Säure eingegossen und das Gemenge wohl umgerührt ist, hindert diefs doch nicht, dafs die Vereinigung nur theilweise sey. Das Thermometer, welches anfangs rasch steigt, nimmt bald einen langsamen Gang an und kommt erst nach geraumer Zeit auf das Maximum; das macht die Beobachtung des Thermometers und die Berichtigung wegen des Wärmeverlustes sehr unsicher. Diefs begreift sich leicht, wenn man erwägt, dafs die stete Wärme-Entwicklung, die im Innern stattfand, auf einen Punkt gelangen mufste, wo sie dem Wärmeverlust des Apparats beinahe gleich kam. Alles diefs machte das Experiment unnütz. Man mufste die Wirkung nach Belieben hemmen können oder auf das vorgesetzte Ziel verzichten. Zum Glück bot das Wasser ein bequemes Mittel dar. Indem man in das Innere eine hinreichende Menge Wasser brachte, im Moment, wo man den Gang des Thermometers sich verlangsamen sah, bewirkte man eine instantane Wärme-Entwicklung; das Thermometer erreichte ein sehr deutliches Maximum, da die Säure zu verdünnt ward, um sich während des kurzen Zeitraums, den sie noch mit dem Oxyd in Berührung blieb, in beträchtlicher Menge mit demselben zu verbinden.

Das Wasser erfüllte noch einen anderen, nicht minder wichtigen Zweck. Um einen Schlufs aus dem Ver-

such zu ziehen, mufste man nothwendig wissen, wie viel Oxyd von der Säure gesättigt ward, und wie viel unverbunden blieb. Hätte man die Menge des gebildeten Sulfats direct bestimmen wollen, so hätte man dem Rückstand die freie Säure durch Waschen entziehen müssen. Aber ehe man dahin gelangt wäre, würde sich die Menge des Sulfats beträchtlich vermehrt haben, zu geschweigen von der grofsen Schwierigkeit, das Gewicht eines Niederschlags von wenigstens 300 Grm. mit Genauigkeit zu bestimmen. Man mufste daher ein anderes Mittel wählen, und dieses lieferte das Wasser. Es ist leicht, die in den Apparat gebrachte Menge Säure mit Genauigkeit zu kennen. Man fügt Wasser hinzu, rührt es wohl mit dem Rührer um, und so wie das Maximum erreicht ist, nimmt man den Apparat auseinander und giefst die Flüssigkeit vom Niederschlage ab. Zur gröfseren Genauigkeit, filtrirt man eine hinreichende Menge ab, um die Dichtigkeit mit Genauigkeit zu bestimmen. Da mit Ausnahme der Abgiefsung, die keine Schwierigkeit darbietet, die Operation gar nicht eilt, so kann man sie ganz mit Mufse ausführen.

Kennt man die Menge und die Zusammensetzung der hinzugefügten Säure, so kennt man auch die Menge des darin enthaltenen Wassers. Eben so kennt man die Menge des hinzugefügten Wassers, und da bei dieser Hinzufügung das Wasser sich nicht verlieren kann, sich nur ein wasserfreies Salz bildet, so kann alles Wasser nirgendwo anders als in der Flüssigkeit seyn. Hat man deren Dichtigkeit bestimmt, und kennt das Verhältnifs von Wasser und Säure, so hat man Alles, was man braucht, um die Menge der freien Säure, und folglich die Menge des gebildete Sulfats zu bestimmen.

114) Es bleibt nun noch eine Schwierigkeit zu überwinden, die: die einfachste Auslegungsweise des erhaltenen Resultats aufzufinden. Wenn ich nicht darin eine reelle Schwierigkeit erblickte, könnte ich den Leser mit

vielen Details versehenen. Allein wir sehen täglich falsche Schlüsse ziehen; gut experimentiren, ohne gut zu urtheilen, ist fast nicht möglich. In der Thermochemie ist nichts leichter als sich in den Deductionen zu irren; deshalb muſs man sie mit den nöthigen Details darlegen, um den Leser selbst in den Stand zu setzen, einen dem Verfasser etwa entschlüpften Fehlschluſs zu entdecken.

115) Die Ergebnisse dreier Versuche sind folgende:

	I.	II.	III.
Bleioxyd	306,4	306,4	306,4
Säure von 1,845 Dichte	368	368	368
Darin: wasserfreie Säure	298,27	dito	dito
Darin: Wasser	69,7	dito	dito
Hinzugefügtes Wasser	500	600	600
Anfangstemp. des Apparats	14°.5	15°	14°,05
Endtemp. d. Calorimet.	20 ,8	21 ,5	20 ,55
Endtemp. d. Gemeng. darin	21 ,5	22 ,1	21 ,6
Temp. Erhöh. d. Calorim. t'	6 ,3	6 ,5	6 ,5
Temp. Erhöh. d. Innern t''	7	7 ,1	7 ,55
Dichte d. Flüssigk. am Ende der Versuche	1,267	1,233	1,233
Säure, verbund. mit Bleioxyd	60	62,9	62,9
Apparat, mit seinem Wassergehalt, gleichwerthig in Wasser	—	10574,27	—

116) Um diese Versuche zu berechnen, hat man zu erwägen: 1) daſs das zur Auffangung der entwickelten Wärme in den Calorimeter gebrachte Wasser und das zur Verdünnung der Säure in das Innere des Apparats gebrachte Wasser immer gleiche Temperatur hatten, 2) daſs, da die im Innern befindliche Masse immer eine etwas höhere Temperatur als der übrige Apparat besaſs (wenigstens wenn man den Versuch nicht über die Maſsen verlängern wollte), es unerläſslich war, den der innern Masse und den dem übrigen Apparat entsprechenden Theil der Wärme geson-

dert zu berechnen; 3) dafs die oben angezeigte Menge Bleioxyd, berichtigt wegen der specifischen Wärme, als Aequivalent einer Wassermenge von 26,75 Grm. in Rechnung genommen ward, und die Schwefelsäure als Aequivalent 128,8 Grm. Wasser.

117) Sonach gelangt man zu Zahlen, welche sämmtliche beim Versuch entwickelte Wärme angeben. Diese Quantitäten sind offenbar zu grofs, um die ganze durch den Zusatz des Wassers entwickelte Wärmemenge. Diese Menge hätte für jeden Versuch berechnet werden können; allein diefs würde vorausgesetzt haben, dafs das Calorimeter durchaus die nämliche Zahl gäbe, welche die Säure auf dem Wege der Mengung geliefert haben würde. Diese Annahme war nicht zulässig. Ueberdiefs zeigte die Dichtigkeit der Flüssigkeit hinlänglich, dafs die Säure nicht all die Wärme abgegeben hatte, die sie mit Wasser abgeben kann, wenn dessen Menge gröfser ist. Man mufste also möglichst vermeiden Voraussetzungen zu machen. Ich zog es vor, direct durch den Versuch zu bestimmen, wie viel Wärme die angewandte Säuremenge entwickelte, wenn sie sich durch einen hinlänglichen Zusatz von Wasser auf gleiche Dichtigkeit zurückgeführt befand. Wir haben:

Für Versuch I	
Entwickellte Wärme	71205
Wärme, vom Wasser herrührend	53541
	17,664.

Dividirt man diese Zahl durch die Säuremenge, die mit dem Bleioxyd verbunden war, d. h. durch 60, so hat man die Wärmemenge, welche ein Theil Schwefelsäure mehr bei Verbindung mit Bleioxyd als bei Verbindung mit Wasser entwickelt. Um diese Zahl auf O = 1 zu beziehen, mufs man sie mit 5,011 multipliciren. Man erhält dann: Wärme entsprechend 1 Aequivalent 1475.

Für Versuch II

Entwickelte Wärme	74094
Wärme, vom Wasser herrührend	56137
	17957
Wärme entsprechend 1 Aeq.	1432

Für Versuch III

Entwickelte Wärme	74434
Wärme, vom Wasser herrührend	56137
	18297
Wärme, entsprechend 1 Aeq.	1457.

[illegible] Wir haben also gefunden

[illegible] 1432. [illegible] Mittel 1454.6.

[illegible] des Unterschiedes [illegible] durch das [illegible] muss also. [illegible] der wasserfreien Säure [illegible] von dem Wasser [illegible] (§. 105) hinzufügen. *Die* [illegible] *entwickelt also, bei Verbindung* [illegible] *Atom 4014 Wärme.*

[illegible] haben wir gesehen, dafs 1 Gr. [illegible] Verwandlung in schwefelsaures Bleioxyd [illegible] entwickelt. Ein Aequivalent Schwefel ent[illegible]

	10405
[illegible] der Verbindung von Pb mit $\dot{\ddot{S}}$	4014
[illegible] der Oxydation des Schwefels	6391

[illegible] wir wissen (§. 82), dafs die Wärme aus der [illegible] eines Aequivalents schwefliger Säure 5202 ist: [illegible] man also diese Zahl ab von der ganzen aus der [Oxy]dation des Schwefels entspringenden Wärme, so bleibt [11]89 *für die vom dritten Sauerstoff-Aequivalent entwik[kelte] Wärme.*

[illegible] In Wirklichkeit ist diese Zahl noch zu grofs, weil [illegible] der Verdichtung der schwefligen Säure darunter

mit begriffen ist, und diese Wärme noch der bei Bildung der schwefligen Säure erzeugten Wärme hinzugefügt werden mufste. — Jedenfalls sehen wir aber, dafs das dritte in der Schwefelsäure enthaltene Sauerstoffatom weniger Wärme entwickelt als jedes der beiden ersten.

120) Jetzt da wir in der Constitution der Schwefelsäure ein thermisches Element mehr kennen, verweise ich den Leser auf die in §. 84 auseinandergesetzten Betrachtungen, und begnüge mich, die Vertheilung der Wärmeentwicklung nach beiden Hypothesen nochmals aufzustellen:

Zusammensetzung	$\dddot{S}+\dot{H}$.	Zusammensetzung	$\overset{....}{S}+\dot{H}$.
$S + 2O$	5202	$S + 2O$	5202
$SO^2 + O$	1189	$SO^2 + O$	1189
$\dot{H}^2 + O$	4350	$SO^3 + O$	1189
$\dddot{S} + \dot{H}$	1400	$\overset{....}{S} + \dot{H}^2$	4561
	12141		12141.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

XIII. *Erste Fortsetzung der Untersuchungen über Gadolinit, Allanit und damit verwandte Mineralien; von Th. Scheerer.*

(Gelesen in der Versammlung der Naturforscher zu Stockholm, am 15. Juli 1842.)

1) Chemische Untersuchung des Gadolinits von Hitteröen und eines anderen Minerals von derselben Fundstätte.

In einer früheren Abhandlung [1]) habe ich, aufser mehreren Analysen von Allanit, Orthit und Cerin, auch die Zusammensetzung des Gadolinits von Hitteröen (im südlichen Norwegen) angegeben. Es ergab sich aus der Un-

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 407 und 465.

tersuchung dieses Minerals, dafs dasselbe besonders durch den bedeutenden Gehalt von 9,57 Proc. Beryllerde charakterisirt sey. Zugleich erwähnte ich der Schwierigkeit, welche sich uns entgegenstellt, wenn wir versuchen eine Formel für die chemische Constitution dieses Minerals zu entwerfen, indem die von verschiedenen Chemikern in verschiedenen Gadolinitarten gefundenen Beryllerdegehalte sehr von einander abweichen, ohne dafs sich diefs durch Isomorphie erklären liefse, indem die Beryllerde die einzige 2- und 3-atomige Base ist, welche sich in dieser Mineralspecies nachweisen läfst. Ich machte aber auch aufmerksam darauf, dafs diese Schwierigkeit wegfällt, wenn wir der Vermuthung v. Kobell's Glauben schenken, und die Beryllerde unter die 1- und 1-atomigen Basen zählen; doch verhehlte ich es keinesweges, dafs eine solche Ansicht noch fernerer Belege bedürfe, und dafs es mir vor Allem erforderlich schien, die Anwesenheit jener procentischen Menge Beryllerde im Gadolinite von Hitteröen durch eine zweite analytische Untersuchung aufser allen Zweifel zu setzen.

Es ist diese wiederholte Untersuchung des genannten Minerals, welche ich hier mittheilen will. Der Gang der Analyse war folgender. Das getrocknete und gewogene Gadolinitpulver wurde mit einem Gemenge von Salz- und Salpetersäure (um das Eisenoxydul höher zu oxydiren) bei gelinder Wärme aufgeschlossen. Die Masse ward nicht völlig zur Trockne eingedampft, mit Wasser übergossen und die gelatinöse Kieselerde durch Filtration getrennt. Zur filtrirten Flüssigkeit ward so lange Ammoniak hinzugesetzt, bis die lichtgelbe Farbe derselben in eine dunklere (aber nicht röthliche) übergegangen war. Darauf wurde eine Quantität (etwa 1 Kub. Zoll) einer Auflösung von essigsaurem Ammoniak (durch Sättigung von concentrirter Essigsäure mit gewöhnlichem liquiden Ammoniak erhalten, hinzugefügt, wodurch sich die dunkel-



kelgelbe Farbe der Solution in eine fast granatrothe umänderte. Die auf solche Art vorbereitete Flüssigkeit ward nun durch oxalsaures Kali gefällt. Der Niederschlag ward nach dem Filtriren und Trocknen geglüht, in Salzsäure aufgelöst und durch Ammoniak gefällt, wobei eine Spur Kalkerde aufgelöst blieb, die auf die gewöhnliche Art durch oxalsaures Ammoniak bestimmt wurde. Der Niederschlag ward abermals in Salzsäure gelöst und nach Vorschriften behandelt, wie sie im folgenden Abschnitt näher angegeben werden sollen. Es zeigte sich hierdurch, dafs, aufser der Yttererde, nur Lanthan, aber kein Cer, oder doch jedenfalls nur eine sehr unbedeutende Spur dieses letzteren vorhanden war.

Jene Flüssigkeit, welche von dem, mit oxalsaurem Kali hervorgebrachten Niederschlage abfiltrirt worden war, wurde durch Ammoniak niedergeschlagen. Das Präcipitat, Eisenoxyd und Beryllerde enthaltend, wurde in Salzsäure gelöst, mit Ammoniak theilweis gefällt, und darauf ein grofser Ueberschufs von kohlensaurer Ammoniakauflösung hinzugefügt, wodurch sowohl Beryllerde als auch ein Theil des Eisenoxyds aufgelöst wurden. Aus dieser Solution ward, durch eine hinzugefügte Quantität Schwefelammonium, alles Eisen als Schwefeleisen gefällt [1]). Die abfiltrirte Flüssigkeit ward, zur Zerstörung des überschüssigen Schwefelammoniums, mit Salzsäure versetzt, der niedergefallene Schwefel durch Filtration davon getrennt und die Beryllerde durch kaustisches Ammoniak präcipitirt.

Warum ich einen solchen, von den bekannten analytischen Verfahrungsarten abweichenden Weg gewählt

1) Ist ein sehr grofses Uebermaafs von kohlensaurem Ammoniak vorhanden, so kann dadurch sämmtliches Eisenoxyd aufgelöst werden. In diesem Falle ist die Menge des durch Schwefelammonium erhaltenen Niederschlags sehr grofs. Man kann deshalb zuvor durch Kochen und auch Verdünnen einen bedeutenden Theil des Eisenoxyds ausfällen.

habe, werde ich in dem nachfolgenden Abschnitt zu motiviren suchen.

Das numerische Resultat der Analyse war:

Kieselerde	25,59
Beryllerde	10,18
Yttererde	44,96
Lanthanoxyd	6,33
Eisenoxydul	12,13
Kalkerde	0,23
	99,42

während bei der erwähnten, früher angestellten Analyse gefunden wurden:

Kieselerde	25,78
Beryllerde	9,57
Yttererde	45,67
Ceroxydul	1,81
Lanthanoxyd	4,75
Eisenoxydul	12,79
Kalkerde	0,34
	100,71.

Die Resultate beider Analysen stehen also in genügender Uebereinstimmung, und weichen nur darin von einander erheblich ab, dafs bei der älteren Analyse Ceroxydul gefunden wurde, was sich bei der späteren nicht bestätigte. Uebrigens sprach ich schon damals die Vermuthung aus, dafs möglicherweise kein Cer, sondern nur Lanthan in diesem Minerale enthalten seyn könne. Worauf es aber hier hauptsächlich ankommt, nämlich auf den Beryllerdegehalt, das hat sich durch diese zweite Untersuchung auf das Genügendste bestätigt. Der Gadolinit von Hitteröen enthält wirklich die bedeutende Menge von etwa 10 Proc. Beryllerde.

Hinsichtlich der Yttererde, welche bei der Analyse dieses Minerals erhalten wurde, habe ich noch auf ei-



nen Umstand aufmerksam zu machen. Dieselbe war aus ihrer salzsauren Lösung durch Ammoniak gefällt, darauf sehr sorgfältig ausgewaschen, getrocknet und geglüht worden. Die auf diese Weise erhaltene Yttererde war jedoch nicht weiſs, sondern gelblich (in gröſseren Stükken stark gelb) gefärbt. Dieſs konnte möglicherweise von einer Spur Manganoxyd herrühren, welches bekanntlich häufig eine Verunreinigung der Yttererde bildet, und ihr eine mehr oder weniger gelbliche, zuweilen bräunliche Farbe mittheilt. Allein weder in der Yttererde noch in dem gepulverten Gadolinite lieſs sich vor dem Löthrohre, durch die bekannten, sehr scharfen Proben (durch Schmelzen mit Soda und Salpeter, und durch Behandlung einer gesättigten Phosphorsalzperle mit Salpeter) die geringste Spur Mangan nachweisen. Es schien überhaupt, als sey der färbende Stoff nur in sehr unwesentlicher Menge vorhanden; denn sowohl Phosphorsalz als Borax wurden von der gelben Yttererde durchaus in keinem bemerkbaren Grade gefärbt, es mochte hierbei die oxydirende oder die reducirende Flamme angewendet werden; auch konnte man beide Flüsse hierbei so übersättigen, daſs ein groſser Theil der Yttererde ungelöst blieb. Wurde die gefärbte Yttererde mit Schwefelammonium übergossen, so entstand hierdurch keine Spur einer schwärzlichen Färbung; wurde dieselbe mit Soda auf Kohle geglüht, so lieſs sich kein Beschlag bemerken. Das merkwürdigste Verhalten der gelben Yttererde bestand aber darin, daſs sie, während ihres starken Glühens in einem Platintiegel, *völlig weiſs* erschien, sobald aber der Deckel des Tiegels, während einiger Augenblicke, entfernt wurde, begann sich eine stark bräunlich gelbe Färbung einzustellen, die sogleich wieder verschwand, wenn die Erde, durch theilweises Bedecken des Tiegels, wieder höher erhitzt wurde. Durch minder starkes Glühen, und besonders durch einen daraufgeleiteten kälteren Luftstrom, lieſs sich die Farbe zu jeder

Zeit hervorrufen, verlor aber durch völliges Erkalten stets an Intensität. Es hatte also hiernach vollkommen den Anschein, als ob die Ursache der Färbung ein färbendes Metalloxyd sey, welches die Eigenschaft habe, bei stärkerer Glühhitze zu Oxydul reducirt und dadurch farblos zu werden. Diese Vermuthung ward durch folgende Beobachtung zur Gewifsheit. Die Yttererde wurde nämlich ganz farblos erhalten, wenn man ein Stückchen einen organischen Körpers, z. B. etwas Papier, in den glühenden Tiegel warf, ihn hierauf bedeckte, und nach einiger Zeit, schnell erkalten liefs. Die Oberfläche der geglühten Yttererde war dann allerdings theilweise von Rufs schwarz gefärbt: allein alle tiefer liegenden Partikel, die von Rufs frei waren, hatten eine weifse Farbe. Hier hatten also die kohligen Gasarten reducirend gewirkt. — Berücksichtigt man alle hier angeführten Reactionen der gelben Yttererde, so bleibt die einzige Wahrscheinlichkeit (wenn man nicht, vielleicht allzu schnell, einen neuen Stoff ahnen will), dafs dieselbe vielleicht durch eine geringe Menge Lanthan verunreinigt gewesen sey. Aber freilich ist eine Reduction des Lanthanoxyds zu Oxydul, bei stärkerer Glühhitze, noch nicht beobachtet worden. Ich behalte mir daher vor, diesen zweifelhaften Punkt durch spätere Untersuchungen mehr aufzuklären, als es mir jetzt möglich war, da ich auf diefs eigenthümliche Verhalten der gelben Yttererde erst kurz vor meiner Abreise von Christiania aufmerksam wurde.

Der Gadolinit von Hitteröen wird von einem anderen Minerale begleitet, welches demselben so vollkommen ähnlich sieht, dafs mir die Erkennung seiner Eigenthümlichkeit lange Zeit entging. Ich wurde erst darauf geführt, als mehrere Analysen, welche ich mit dem (vermeintlich alleinigen) Gadolinit anstellte, sehr von einander abweichende Resultate gaben. Namentlich erhielt ich stets zu wenig Beryllerde und Yttererde, dafür aber mehr Kieselerde und Ceroxydul, und endlich sogar Thon-

erde, welche ich bei früheren Untersuchungen gar nicht gefunden hatte. Ich hätte leicht hierdurch irre geführt und in einzelnen Gadolinitarten eine Substitution der Beryllerde durch Thonerde vermuthen können, wenn ich es nicht für wahrscheinlicher gehalten hätte, dafs eine mechanische Mengung des Gadolinits mit einem anderen Fossile hiervon der Grund seyn könne. In den schwarzen glasartigen Mineralstücken liefs sich aber durchaus keine wesentliche Beimengung eines anderen Fossils erkennen, und es blieb daher nur die Annahme übrig, dafs nur einzelne der kleinen Mineralstücke, die ich zu meinen Untersuchungen angewendet hatte, wirklicher Gadolinit, andere dagegen ein diesem zwar sehr ähnliches, aber doch verschiedenartig zusammengesetztes Mineral gewesen seyen. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes war also wohl das beste Prüfungsmittel. Hierdurch wurde das Räthsel schnell gelöst. Ich fand nämlich, dafs sämmtliche Mineralstücke, die ich bisher alle für Gadolinit gehalten hatte, dem spec. Gew. nach in zwei Abtheilungen zerfielen. Das spec. Gewicht der einen Abtheilung war 4,35, das der anderen dagegen 3,50. Eins dieser beiden spec. Gewichte stellte sich bei einzelnen Stücken stets mit der gröfsten Schärfe heraus, und das erste derselben war also genau das, welches ich früher für den Gadolinit gefunden hatte. Dafs alle Mineralstücke von dem spec. Gewichte 4,35 wirklicher Gadolinit waren, ergab sich durch jene Analyse, deren Resultat so eben angeführt wurde.

Das Mineral von dem spec. Gewichte 3,50 mufste also ein von dem Gadolinit wesentlich verschiedenes seyn. Die vorläufige qualitative Untersuchung ergab, dafs es hauptsächlich Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul, Ceroxydul und Kalkerde enthielt. Durch die Analyse ward folgende Zusammensetzung gefunden:

Kieselerde	32,77
Thonerde	14,32
Eisenoxydul	14,76
Manganoxydul	1,12
Ceroxydul	17,70
Lanthanoxydul	2,31
Yttererde	0,35
Kalkerde	11,18
Talkerde	0,50
Kali	0,76
Wasser	2,51
	98,28.

Es ist diefs Mineral also ein Orthit, in seiner Zusammensetzung am meisten der des Orthits von Fille-Fjeld [1]) nahe kommend. Man könnte es jedoch auch als einen Allanit betrachten, da der sehr geringe Yttererdegehalt möglicherweise ein zufälliger, durch Einmengung von Gadolinit hervorgebrachter seyn könnte. Jedenfalls ist die Formel des Minerals:

$$2\dddot{Al}\,\dddot{Si}+3\dot{R}^3\dddot{Si},$$

wenn man unter R alle darin enthaltenen 1- und 1-atomigen Basen versteht.

Dieser Allanit oder Orthit kommt mit dem Gadolinit in denselben Granitgängen (oder Granitausscheidungen) auf Hitteröen vor. Hr. Prof. Keilhau hat beide Mineralien vor mehreren Jahren von dort her mitgebracht, erkannte darin aber nicht zwei von einander verschiedene Species, was allerdings auch, dem äufseren Ansehen nach, vollkommen unmöglich ist.

Sehr auffallend war es mir anfangs, dafs der Allanit von Hitteröen beim Erhitzen *nicht* jene charakteristische Feuererscheinung zeigte, wie sie sich beim Allanit von Jotun-Fjeld und den anderen pyrognomischen Mineralien wahrnehmen läfst. Da derselbe von Säuren

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 469.

leicht zersetzt wird, so hatte ich vermuthet, dafs er, unter Eintreten der Feuererscheinung in den specifisch schwereren und in Säuren unlöslicheren Zustand übergehen würde. Ersteres war nun durchaus nicht wahrzunehmen; was mir aber hierbei von Wichtigkeit erscheint, ist, dafs das Mineral durch das Glühen sein spec. Gewicht auch keineswegs in dem Grade verändert, wie es bei den anderen pyrognomischen Mineralien der Fall ist. Dasselbe ist nämlich nach dem Glühen nur 3,60, steht also zu dem spec. Gewichte vor dem Glühen in dem Verhältnisse wie 100 : 97, während es bei den erwähnten Mineralien wie 100 : 94 ist. Dafs aber der Grund, warum der Allanit von Hitteröen keine Feuererscheinung zeige, allein darin zu suchen sey, dafs sich sein spec. Gewicht nur etwa um 3 Proc. verändert, während sich das des Allanits von Jotun-Fjeld und des Gadolinits von Hitteröen um 6 Proc. erhöht, erscheint mir kaum einem Zweifel unterworfen. Warum verändert aber dieser Allanit sein spec. Gewicht nicht auch um 6 Proc.? Hiervon dürfte die Ursache nur in der chemischen Zusammensetzung zu suchen seyn. Der Allanit von Hitteröen ist, vor allen von mir untersuchten, hierher gehörigen Mineralien, durch einen Gehalt an *Kali* charakterisirt. Derselbe ist allerdings nur gering; allein er mag vielleicht hinreichend seyn, um, bei dem beginnenden Glühen des Minerals, eine Art von Schmelzung oder doch Sinterung einzuleiten, welche jener dichteren Umgruppirung der Atome, die ich als Grund des Lichtphänomens der pyrognomischen Mineralien betrachte, entgegenarbeitet.

Nach dem Glühen ist dieser Allanit nur unvollkommen aufschliefsbar in erhitzter Salzsäure, aber anscheinend nicht in dem Grade, wie es der Allanit von Jotun-Fjeld nach dem Glühen, oder in dem Grade, wie es der Allanit von Snarum schon vor dem Glühen (in seinem natürlichen Zustande) ist. Der Allanit von Hitteröen steht also hiernach in seinen Eigenschaften zwischen den

andern beiden Allanitarten, und es scheint daher, dafs ein Uebergang aus einem pyrognomischen Minerale in ein nicht-pyrognomisches stattfinden könne.

2) Beschreibung der Fundstätten des Gadolinits auf der Insel Hitteröen.

Auf einer mineralogischen Reise, welche ich beim Beginn der Sommerferien dieses Jahres auf Kosten der Norwegischen Regierung unternahm, hatte ich Gelegenheit auch die Insel Hitteröen zu besuchen, und mich mit den äufserst interessanten Fundstätten des Gadolinits, Allanits und anderer Mineralien daselbst bekannt zu machen. In dem Folgenden werde ich eine gedrängte Schilderung meiner, bei dieser Gelegenheit gesammelten Beobachtungen entwerfen.

Die Insel Hitteröen liegt an der Südküste Norwegens, 5 geographische Meilen in gerader, nordwestlicher Richtung vom Cap Lindesnäs entfernt. Ihre gröfste Längendimension, welche annähernd in der Richtung NW. bis SO. läuft, beträgt etwa 1 geogr. Meile, und ihre gröfste Breitendimension $\frac{1}{2}$ Meile. Durch eine Bucht, Rasvaag-Bugten, welche in der NS. Richtung tief in die Insel einschneidet, wird das ganze Areal derselben in zwei inselartige, ungleiche Theile getheilt, von denen der kleinere westliche etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des Flächeninhalts der ganzen Insel enthalten mag. Die Ufer von Hitteröen erheben sich fast überall steil aus dem Meere, so dafs es nur wenige bequeme Landungsplätze an denselben und durchaus keinen Weg giebt, welcher an einer gröfseren Strecke des Ufers entlang führte. Dicht am Meere sind die Ufer von keiner bedeutenden Höhe: allein die Felsmassen, welche nur hier und da, besonders in der Nähe der Rasvaag-Bucht, einige bebaubare ebene Flecke zwischen sich einschliefsen, nehmen, nach dem Innern der Insel hin, mehr und mehr an Höhe zu, und steigen dort zu verschiedenen Berggipfeln an, von de-

nen sich der höchste, Langelandsheien genannt (nach einer Barometermessung des Hrn. Bergcandidaten Sell), bis zu einer Höhe von 906 Fufs erhebt.

Die ganze Felmasse von Hitteröen besteht aus einer Gebirgsart, welche der verstorbene Prof. Esmark mit dem Namen »Norit« belegt hat. Die Hauptbestandtheile dieser Gebirgsart sind: ein schmutzig grünlicher oder gelblicher Feldspath (wahrscheinlich Diallage) und ein gräulicher oder bläulicher Quarz. Beide Substanzen treten meist in der Körnigkeit des gewöhnlichen Granits auf, und nur zuweilen bilden sie sich, durch Zunahme oder Abnahme der Gröfse ihrer Körner, zu Extremen der Grob- oder Feinkörnigkeit aus. Stellenweis finden sich Hornblende, schwarzer Glimmer, auch wohl Hypersthen als Gemengtheile dieser Gebirgsart, aber so selten und in so untergeordneter Menge, dafs man durchaus nicht berechtigt ist, diese Mineralien zu den charakteristischen Bestandtheilen des Norits zu zählen. Nirgends auf der ganzen Insel läfst sich eine Schichtung an dieser Gebirgsart beobachten, sondern überall tritt sie massig auf.

An mehreren Stellen der steilen Ufer Hitteröens zeigen sich gangartige Bildungen, welche sich auch selbst dem Auge des nicht geognostischen Beobachters, schon in gröfserer Ferne, durch ihre auffallende Färbung als abweichende Parthien in der monochromen Norit-Formation zu erkennen geben. Die constituirenden Hauptbestandtheile dieser Bildungen sind: fleischrother Orthoklas (zuweilen auch weifser Orthoklas und Albit), weifser Quarz und schwarzer Glimmer. Stets sind dieselben grobkörnig mit einander gemengt, wenigstens grobkörniger als das umgebende Noritgestein erscheint. In den Extremen der Grobkörnigkeit bildet der Feldspath Krystalle von Kubikfufsgröfse [1]) und darüber, der Glim-

1) Hr. Prof. Keilhau brachte ein sehr schönes Exemplar einer solchen gigantischen Bildung von Hitteröen mit, welche jetzt in der christianenser Universitätssammlung aufbewahrt wird.

mer tritt in quadratfufsgrofsen Tafeln auf, und der Quarz breitet sich in noch weit bedeutenderen Massen dazwischen. An einzelnen Stellen bilden Quarz und Orthoklas ausgezeichneten Schriftgranit, an anderen Stellen, jedoch seltener, ändert sich der weifse Quarz zu schönem Rauchtopas um. In diesen charakteristischen Granitmassen finden sich als zufällige, hier und dort eingemengte Bestandtheile: Hornblende, Hypersthen, Magneteisenstein, Eisenglanz, ein allanitartiges, stets krystallisirt vorkommendes Mineral; ein Mineral, welches der phosphorsauren Yttererde gleicht, so wie der von mir untersuchte Gadolinit und Allanit. Mehrere der erstgenannten Mineralien bedürfen jedoch zu ihrer genauen Bestimmung noch einer chemischen Prüfung.

Ferner findet sich in dem Norite, welcher zunächst diesen Granitbildungen liegt, ein mir unbekanntes, anscheinend eisenhaltiges Mineral eingewachsen, in langen, prismatischen Krystallen. Diefs sind nur etwa die hauptsächlichsten der hier untergeordnet vorkommenden Mineralsubstanzen. Noch mehr derselben dürften sich ergeben, wenn ich erst meine zahlreiche, auf Hitteröen gesammelte Mineral-Suite einer näheren Prüfung unterworfen haben werde. Die hierdurch erhaltenen Resultate behalte ich mir vor in diesen Annalen mitzutheilen.

Diese gangartigen Granitbildungen, welche die Matrix jener interessanten Mineralien ausmachen, haben eine sehr verschiedene Mächtigkeit, welche von einigen Zollen bis zu mehreren Ellen wechselt. Sie finden sich, so weit ich mich davon überzeugen konnte, niemals im Innern der Insel, sondern nur an der Küste, also gewissermafsen nur da, wo die Naturkräfte, welche das Inselland vom Festlande isolirten und seine Küsten zerstückten, dem Auge des Beobachters einen Durchschnitt der Felsmassen bereitet haben. Sie zeigen sich nämlich besonders an der Ostseite der Rasvaag-Bucht, ferner an der Nordseite der Insel und an der Südseite des gegen-

überliegenden Festlandes; allein nur an der erstgenannten Stelle habe ich sie reichhaltig an jenen mineralogischen Seltenheiten gefunden. Auch an diesem Küstenstriche sind sich natürlich nicht alle Granitparthien (von denen etwa gegen zehn gröfsere vorkommen mögen) an Reichhaltigkeit gleich. Während ich in einzelnen nur Spuren traf, fand ich in anderen Gadolinit- und Allanitstücke, von mehreren Kubikzollen Gröfse. Wie sehr viel häufiger als an anderen Orten diese sonst so sparsam verbreiteten Mineralien hier vorkommen, ergiebt sich daraus, dafs ich, in einer Zeit von drei Tagen über *sieben Pfund* davon zu sammeln im Stande war. Die ganze Quantität dieser Mineralien, welche Hr. Prof. Keilhau früher und ich jetzt von Hitteröen mitgebracht haben, mag sich wenigstens auf *zwölf Pfund* belaufen. Dennoch gestatteten mir weder Zeit noch Umstände die reichhaltigen Felsen dieser Insel aller ihrer Schätze zu berauben. Schon diejenigen Gadolinit- und Allanitstücke, welche zu Tage ausstanden, und die ich nicht ausminirte, werden einem nachfolgenden Sammler eine reiche Ausbeute sichern; allein es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs man durch Sprengen in den Granitmassen auch noch auf neue Schätze treffen wird.

Ich habe diese Granitparthien, inmitten des umgebenden Norits, gang*artige* Bildungen genannt. Es ist diefs mit Absicht geschehen; denn in der That *ähneln* sie nur Gängen, ohne ihnen aber völlig gleich zu kommen. Sobald wir nämlich, nach der Werner'schen Theorie, annehmen, dafs Gänge: *nachmals ausgefüllte Spalten in festen Gesteinsarten sind*, so können diese Granitvorkommnisse keine Ansprüche auf eine solche Benennung machen. Allerdings ist ihre Masse der des umgebenden Gesteins fremdartig, und man mufs annehmen, dafs dieselbe, durch irgend eine Kraft, an die Orte hingeführt wurde, woselbst sie sich jetzt befindet; allein das Verhältnifs dieser Granitparthien zum umgebenden Ge-

steine ist durchaus nicht mit dem Auftreten von Basaltgängen vergleichbar, bei denen sich die Spuren des flüssigen Emporsteigens der Gangmasse in das zurückgedrängte und *zerbrochene* Nebengestein oft auf das Evidenteste erkennen lassen. Hält sich auch stellenweis der Granit vollkommen scharf vom Norit gesondert, und erscheint er hier als ein aus der Tiefe, über das Meeresniveau emporsteigender, meist mehr hohliger als steiler Gang: so verändert er doch sehr bald mehr oder weniger diesen Charakter, und wird entweder aderartig, oder die scharfen Gränzen zwischen seiner Masse und der des Nebengesteins gehen durchaus verloren, und Norit und Granit scheinen so zu sagen *in einander geknetet.* Niemals habe ich (was meine Meinung sehr unterstützt) scharfkantige Bruchstücke des ersteren Gesteins von dem letzteren umschlossen gefunden, obwohl doch ein solches Phänomen bei Basaltgängen keineswegs zu den Seltenheiten gehört. Die ganze Erscheinung dieser Granitparthien im Norite zwingt dem Beobachter die Idee ab, *dafs der Granit im flüssigen Zustande zu einer Zeit in den Norit hineingeprefst oder, vielleicht besser gesagt, mit ihm gemischt worden sey, als sich auch dieser noch in einem breiartigen, oder wenigstens nicht vollkommen erhärteten Zustande befand.* Es scheint ferner, als sey die Kraft, welche den Granit emporsteigen machte, nicht mächtig genug gewesen, um ihn bis zur damaligen Oberfläche des Norites emporzutreiben. Deswegen mag es kommen, dafs man ersteren niemals im Innern der Insel, sondern nur da beobachtet, wo Buchten oder Meerengen das Land zerschneiden.

Ich könnte diese vermuthete Thatsache noch durch mancherlei Specialien näher beleuchten, wenn ich nicht fürchtete weitläufiger in ein Thema einzugehen, welches nicht ganz in den Gränzen dieser skizzirenden Beschreibung liegt. In einer späteren Abhandlung gedenke ich jedoch ausführlichere Mittheilungen über dergleichen gang-

artige Vorkommnisse in Norwegen zu machen, welche hierselbst (so wie auch in Schweden) in gröfserer Häufigkeit angetroffen werden dürften, als in anderen Ländern. Einige allgemeine Andeutungen über solche Vorkommnisse habe ich bereits in einem Aufsatze in Karsten's Archiv gegeben.

Von ganz besonderem Interesse sind die gangartigen Granitparthien, wegen der Aufschlüsse, welche sie, hinsichtlich der successiven Bildung einiger der sie constituirenden Bestandtheile gewähren. Es läfst sich nämlich überall mit Deutlichkeit erkennen, dafs der Feldspath *früher* krystallisirt oder erhärtet ist, als Glimmer und Quarz. Der erstere erzwingt sich überall Platz zur vollkommenen Ausbildung seiner Krystalle, während sich die Glimmerblätter, so zu sagen, seiner Macht fügen, und der Quarz, auf das Evidenteste, nur alle von beiden übrig gelassenen Räume, in unkrystallinischer Gestalt, ausfüllt. Der zuweilen vorkommende Schriftgranit gewährt ein sehr instructives Bild von dem Kampfe zweier (mit einander in flüssiger Substanz gemengter) Mineralien, um das Recht des Zuerst-Krystallisirens. In diesem Kampfe hat sich der Feldspath stets als Sieger gezeigt. Er bildet seine grofsen Krystalle mit völliger Schärfe aus, trotz der mannigfachen Quarzparthien in seinem Innern, welche, von allen Seiten her zusammengedrückt, es kaum zu einer Aehnlichkeit mit verbogenen und geprefsten Quarzkrystallen bringen können. Welcher Umstand könnte wohl einen klareren Beweis dafür liefern, dafs der Quarz noch flüssig oder doch noch weich war, als der Feldspath schon krysstallisirte? Diefs ist aber eine sehr wichtige Thatsache, welche die Aufmerksamkeit der Geognosten in hohem Grade verdient. Nach gewöhnlichen, vulkanischen Principien, nach denen wir uns alle Gebirgsarten als ursprünglich feurig flüssig denken, kann dieselbe durchaus nicht erklärt werden; denn Kieselerde für sich schmilzt bekanntlich weit schwerer und sollte demnach weit früher erstarren, als ein Silicat von

Thonerde und Kali. Hiernach sollte man also schliefsen, dafs sich der Quarz überall in Krystallen ausgebildet und der Feldspath von ihm unterdrückt finden müfste. Da sich diefs aber gerade im umgekehrten Verhältnifs zeigt, so mufs sich daraus ein sprechender Beweis für die nicht genug zu würdigende Thatsache ergeben: dafs, bei der Entstehung des Urgebirges, das *Feuer allein* nicht alle Wunder gethan habe, sondern dafs die richtigste Vorstellung von der Entstehung der krystallinischen Gebirgsarten wohl immer die bleibt, bei der wir dem Wasser und dem Feuer gleiche Schöpfungsrechte einräumen. Nur durch solches Zusammenwirken dieser beiden verschiedenartigen Kräfte können Phänomene der erwähnten Art erklärt werden. Und selbst diese beiden starken Agentien dürften nicht ausreichend seyn, um das Urgebirge aus seinen Bestandtheilen in solcher Gestalt hervorgehen zu lassen, in der es sich jetzt unsern Blicken darbietet.

Was den Bildungs- (Erstarrungs-) Moment des Gadolinits betrifft, so scheint dieser noch früher als der des Feldspaths eingetreten zu seyn. Nämlich überall wo ein Gadolinitkorn vom Feldspathe umgeben ist (nie habe ich ein solches rings von Quarz umschlossen gefunden) erscheint letzterer mit seinen Blätterdurchgängen, mehr oder weniger deutlich, sternförmig um dasselbe angeordnet, ganz wie es mit Krystallen zu geschehen pflegt, welche sich um einen festen Kern ansetzen, wie es z. B. mit Incrustirungen von Gyps, kohlensaurem Kalk u. s. w. der Fall ist. Schon Hausmann hat in seiner »Reise durch Scandinavien,« bei der Beschreibung der berühmten Mineralfundstätte von Finbo, auf diese eigenthümliche Erscheinung aufmerksam gemacht.

Zuletzt kann ich es nicht unerwähnt lassen, dafs Gadolinit und Allanit nicht zu so grofsen Seltenheiten, so zu sagen örtlichen Abnormitäten in den Felsgebilden zu gehören scheinen, wie man bisher geglaubt hat. Es schei-

nen diese Mineralien vielmehr charakteristische Bestandtheile jenes gangartig vorkommenden Granits zu seyn, welcher an vielen Orten in Norwegen (und nicht unwahrscheinlich auch in Schweden) in dem Bereich des Urgebirges auftritt. Ich fand diese Formation des gangartigen Granits z. B. in der ganzen Umgegend von Arendal, auf den benachbarten Inseln, auf dem Küstenstriche zwischen Arendal und Tredestrand, und endlich von dort bis nach Näs-Eisenwerk, also einem Flächeninhalte von mehreren Quadratmeilen, sehr häufig in der hier überall herrschenden Ur-Gneusformation auftretend. An wenigstens zwanzig verschiedenen Stellen dieses Terrains habe ich in diesen gangartigen Granitbildungen (welche mit denen von Hitteröen die gröfste Aehnlichkeit hatten), theils gadolinitartige, theils allanitartige Mineralien gefunden, deren genauere Charakteristik sich aber erst durch die chemische Untersuchung ergeben wird. Es könnte also hiernach erscheinen, als seyen diese Mineralien, mit ihren mancherlei seltenen Bestandtheilen, von jenen Granitmassen einer gröfseren Tiefe der Erde entführt, in welcher Yttererde, Beryllerde, Cer und Lanthan so häufig vorkommen möchten, wie die weniger specifisch schwereren Stoffe: Kieselerde, Thonerde, Kali u. s. w. in den obersten Schichten der Erdkruste.

3) Einige analytische Erfahrungen bei der Analyse obiger Mineralien gesammelt.

Trennung der Beryllerde vom Eisenoxyd etc. Bei der Analyse des Gadolinits von Hitteröen habe ich mich überzeugt, dafs kaustisches Kali kein gutes Mittel abgiebt, die Beryllerde aus einem Niederschlage zu extrahiren, welcher aufserdem noch Eisenoxyd, Ceroxydul, Lanthanoxyd und Yttererde enthält. Diefs Mittel ist sogar in dem Grade ungenau, dafs man durch dasselbe bei der Analyse des Gadolinits nur etwa 3 Proc. Beryllerde, anstatt 10 Proc. erhält, selbst wenn man sich der, vom

Hrn. Grafen von Schaffgotsch angegebenen Vorsicht bedient, den Niederschlag mit der kaustischen Kalilauge nicht zu kochen, sondern kalt damit zu digeriren. Scheidet man Yttererde, Ceroxydul und Lanthanoxyd von dem Niederschlage, und versucht dann die Trennung der Beryllerde vom Eisenoxyde durch kaustische Kalilauge zu bewirken, so ist das Resultat besser, aber dennoch bei weitem nicht genügend. Man erhält dann nämlich etwa 6 Proc. Beryllerde. Es mufs daher das kaustische Kali, als Extractionsmittel für die Beryllerde gänzlich verworfen werden. Sehr genügende Resultate erhält man dagegen durch Anwendung der in der vorigen Abhandlung erwähnten Methode, nämlich durch vorhergehende Abscheidung von Yttererde, Cer und Lanthan, nachfolgendes Digeriren des Gemenges von Eisenoxyd und Beryllerde mit concentrirter kohlensaurer Ammoniak-Solution, und Ausfällung des zugleich aufgelösten Eisenoxyds mittelst Schwefelammoniums.

Trennung der Yttererde vom Eisenoxyd. Diese läfst sich, wie schon angeführt, sehr gut durch oxalsaures Kali bewirken. Enthält die Auflösung Kali in genügender Menge, so kann man auch oxalsaures Ammoniak anwenden. Es kommt bei dieser Trennung hauptsächlich darauf an, dafs keine freie Säure vorhanden ist, weil von dieser sonst ein Theil der oxalsauren Yttererde aufgelöst werden würde. Zur Vermeidung dieses Umstandes mufs man die salzsaure Auflösung der Yttererde und des Eisenoxyds so lange mit Ammoniak sättigen, bis ihre hellgelbe Farbe in eine dunkelgelbe übergeht. Alsdann setzt man eine Quantität essigsaurer Ammoniak-Solution (etwa 1 bis 2 Kubkz.) hinzu, wodurch die Flüssigkeit eine granatrothe Färbung erhält, und nun zur Fällung durch oxalsaures Kali oder Ammoniak hinlänglich vorbereitet ist. Die ersten hinzugefügten Quantitäten von einem dieser beiden Reagentien bewirken keinen dauernden Niederschlag, sondern verändern die rothe

Farbe



Farbe der Flüssigkeit nur zu einer gelben. Erst hierauf bildet sich ein weifser Niederschlag, der beim Umrühren nicht wieder verschwindet [1]). Es ist nothwendig, dafs man denselben, etwa während 24 Stunden, an einem temperirten Orte, der Ruhe überläfst, wodurch er sich besser filtriren läfst. Derselbe besteht in einem krystallinischen Doppelsalze von oxalsaurer Yttererde und oxalsaurem Kali, welches durch Glühen leicht in Yttererde und kohlensaures Kali umgewandelt wird. Man kann jedoch nicht gut dadurch die Yttererde bestimmen, dafs man diefs Gemenge mit Wasser übergiefst und darauf filtrirt. Die Yttererde befindet sich nämlich in einem so fein zertheilten Zustande, dafs es äufserst schwer ist, sie abzufiltriren; man mufs daher das Gemenge in Salzsäure lösen, die Solution mit vielem Wasser verdünnen und die Fällung der Yttererde durch kaustisches Ammoniak bewirken. Dieselbe mufs dann mit kochendem Wasser sehr sorgfältig ausgewaschen werden. Es scheint aber, dafs man selbst hierdurch nicht die Yttererde von jeder Spur Kali befreien kann. — War die Auflösung der Yttererde und des Eisenoxyds durch Sättigung mittelst Ammoniak *röthlich*, statt gelb gefärbt, so enthält der, nach Hinzufügung von essigsaurem Ammoniak, durch oxalsaures Kali hervorgebrachte Niederschlag mehr oder weniger Eisenoxyd, was sich schon durch seine Farbe zu erkennen giebt. — Sind, aufser der Yttererde und dem Eisenoxyd, noch Cer und Lanthan in der Auflösung vorhanden, so werden diese zugleich mit der Yttererde gefällt. Auch von dem Uranoxyde können Yttererde, Cer und Lanthan auf solche Art getrennt werden.

Trennung des Ceroxyduls und Lanthanoxyduls vom Eisenoxyd. Auch hierzu kann man sich der eben angeführten Methode bedienen. In vielen Fällen mag es aber bequemer seyn, das schwefelsaure Kali als Trennungsmittel anzuwenden. Man darf dann aber nicht verges-

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 470.

sen, worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe [1]), dafs die hierdurch erhaltenen Doppelsalze des Cer- und Lanthanoxyduls mit dem schwefelsauren Kali stets mehr oder weniger durch schwefelsaures Eisenoxyd verunreinigt sind, je nachdem die Auflösung mehr oder weniger concentrirt war. Diese Verunreinigung kann 7 Proc. und mehr von der Menge des Ceroxyduls und Lanthanoxyduls betragen. Die durch Eisen verunreinigten Doppelsalze müssen daher in vielem, mit etwas Salzsäure versetztem Wasser, bei Anwendung von Wärme gelöst und mit kaustischem Kali gefällt werden. Dieser Niederschlag wird dann in Salzsäure gelöst und abermals mit schwefelsaurem Kali behandelt, wodurch jene Menge Eisenoxyd aufgelöst bleibt.

Trennung des Lanthanoxyduls vom Ceroxydul. Es ist äufserst schwierig beide gänzlich frei von basischen Salzen des Cer und Lanthans, oder auch frei von geringen Antheilen Alkali zu erhalten. Wendet man nun die einzige, bisher bekannte Vorschrift zur Trennung beider Körper an, nämlich die von Mosander angegebene Methode (Extraction durch etwa 50fach verdünnte Salpetersäure), so kann man nie sicher seyn, ob durch jene Verunreinigungen nicht auch mehr oder weniger bedeutende Quantitäten von Cer aufgelöst werden. Um daher, was mir eine Hauptsache zu seyn scheint, völlig reine Oxyde zu erhalten, habe ich das auf gewöhnlichem Wege bei meinen Analysen erhaltene Ceroxyd und Lanthanoxyd stets wieder in Salzsäure gelöst, die Solution möglichst scharf durch Ammoniak gesättigt, dann essigsaures Ammoniak hinzugefügt, und durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Der Niederschlag ist allerdings, selbst nach 24-stündiger Ruhe, schwer zu filtriren; allein bei Anwendung von doppeltem Filtrum und bei wiederholtem Aufgiefsen der trübe durchgelaufenen Flüssigkeit glückt es zuletzt. Durch Glühen der erhaltenen oxalsauren Salze

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 468.



kann man nun sicher seyn, völlig reine Oxyde zur Extraction mit verdünnter Salpetersäure zu erhalten. Geschieht das Glühen bei nicht zu starker Hitze in einem bedeckten Platintiegel, so erhält man hierdurch fast ganz weifses Ceroxydul und Lanthanoxyd. Das Gemenge beider färbt sich aber schnell bräunlich, sobald sie einem heifsen Luftstrome ausgesetzt werden.

Unterscheidung des Lanthans vom Cer. Wenn man Lanthanoxyd, ohne Anwendung einer erhöhten Temperatur, in Salpetersäure auflöst, die Lösung mit mehr oder weniger Wasser verdünnt und dann eine Kruste von neutralem schwefelsauren Kali hineinstellt, so setzt sich (sobald sich die Flüssigkeit hinreichend mit schwefelsaurem Kali gesättigt hat) ein krystallinischer, schön *orangeroth* gefärbter Niederschlag ab. Die zuletzt (zuweilen nach etwa 24 Stunden) entstehenden Krystallkrusten sind meist noch dunkler gefärbt, weil die Krystalle gröfser sind. Sie haben eine Farbe, welche fast der des sauren chromsauren Kali gleich kommt. Behandelt man dagegen Ceroxyd auf ganz gleiche Weise, so erhält man einen *schwach schwefelgelb* gefärbten krystallinischen Niederschlag. Möglicherweise würde der Niederschlag ganz weifs erscheinen, wenn man im Stande wäre das Ceroxyd von jeder Spur Lanthan zu befreien. Die Auflösung des Ceroxyds in Salpetersäure geschieht übrigens nicht leicht. Man mufs beide unter öfterem Umschütteln mehrere Tage lang mit einander in Berührung lassen; und selbst dann ist gewöhnlich noch nicht alles Cer aufgelöst.

Jener orangerothe Niederschlag wird auch erhalten, wenn man, aus einem Gemenge von Ceroxyd und Lanthanoxyd, das letztere mittelst 50fach verdünnter Salpetersäure auszieht, und diese Auflösung mit schwefelsaurem Kali behandelt. Bis zur Bildung des Niederschlags dauert es dann nur, wegen Verdünnung der Auflösung, längere Zeit als im erst angeführten Falle [1]).

1) Wurde die früher erwähnte gelb gefärbte Yttererde in 50fach ver-

Wird die Auflösung des salpetersauren Lanthanoxyds, vor der Fällung mit schwefelsaurem Kali, gekocht, so ist der später erhaltene Niederschlag lebhaft *citronengelb* gefärbt, aber ohne Nüance von Roth.

Versetzt man die Auflösung des salpetersauren Lanthanoxyds mit Salzsäure, so bringt schwefelsaures Kali darin einen noch weniger lebhaft gelb, etwa *schwefelgelb*, gefärbten Niederschlag hervor.

Wenn man endlich zu einer salpetersauren Lanthanoxyd-Auflösung nicht allein Salzsäure setzt, sondern sie auch nachher noch kocht, so wird hierdurch ein vollkommen *weifser* Niederschlag erhalten.

Werden diese drei zuletzt angeführten Operationen mit Cer, anstatt mit Lanthan, vorgenommen, so erhält man, in *allen* Fällen, nur *weifse* Niederschläge.

Es scheint also hiernach, dafs es das Lanthan*oxyd* sey, welches diese Farbennüancen zwischen Gelb und Roth hervorbringt, und dafs diese höhere Oxydationsstufe des Lanthans sowohl durch Siedhitze, als durch Salzsäure *theilweise*, durch Anwendung beider Mittel aber *gänzlich* zu Oxydul umgewandelt würde.

4) Ueber die stöchiometrische Constitution des Gadolinits und der Beryllerde.

Von verschiedenen Chemikern sind in Gadolinitarten verschiedener Fundorte sehr von einander abweichende Mengen von Beryllerde gefunden worden, nämlich von:

Berzelius, im Gadolinit von Kårarfvet 1,7 bis 2 Proc.
Ekeberg, im Gadolinit von Ytterby 4,5 Proc.

dünnter Salpetersäure gelöst (was sehr leicht, und ohne Rückstand, geschah) und dann eine Kruste von schwefelsaurem Kali hinzugefügt, so ward hierdurch keine Spur eines gelben Niederschlags erhalten. Das Metalloxyd, welches die Yttererde verunreinigte, konnte also *nicht* Lanthanoxyd seyn.

Connell, im Gadolinit von Fahlun	5,9 Proc.
Thomson und Steele, in einem Gadolinit von unbekanntem Fundorte	11,6 -
und endlich von mir, im Gadolinit von Hitteröen	10,18 -

Es fragt sich nun zuerst: sind diese verschiedenen Gehalte von Beryllerde auch alle als richtig zu betrachten? Es wäre nämlich möglich, dafs mehrere der genannten Chemiker sich des kaustischen Kalis als Extractionsmittel für die Beryllerde bedient, und dadurch, wie ich eben gezeigt, einen zu geringen Gehalt an Beryllerde aufgefunden haben könnten. Daher wird es nöthig seyn die analytischen Verfahrungsarten, welche diese Chemiker befolgt haben, näher zu betrachten.

Berzelius [1]) bestimmte die Beryllerde des Gadolinits von Kårarfvet auf folgende Weise. Die von der Kieselerde abfiltrirte salzsaure Lösung ward zuerst durch bernsteinsaures Ammoniak vom Eisenoxyde befreit und dann mit Ammoniak gefällt. Der Niederschlag enthielt Yttererde, Beryllerde, Ceroxydul und Manganoxydul. Derselbe wurde geglüht und darauf mit verdünnter Salpetersäure behandelt, wodurch Yttererde und Ceroxydul (Lanthanoxydul?) ausgezogen wurden. Das rückständige Gemenge von Beryllerde und Manganoxydul wurde nun in Salzsäure gelöst, und ein Uebermaafs von kaustischem Kali hinzugefügt. Gekocht wurde die Flüssigkeit nicht; wenigstens ist diefs nicht angeführt. Durch das kaustische Kali wurden hierdurch bei einem Versuche 1,75, bei einem anderen 2,0 Proc. Beryllerde ausgezogen. Das zurückbleibende Manganoxydul (welches sich als cerhaltig erwies) betrug in den entsprechenden Fällen 1,42 und 1,30 Proc. Dafs die verdünnte Salpetersäure keine Beryllerde aufgelöst hatte, ergab sich daraus, dafs die Auflösung der Yttererde, mit kaustischem Kali in gro-

1) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. XXI S. 264 u. f.

ſsem Uebermaaſse versetzt, keine Spur von Beryllerde aufgelöst zeigte. Der Beryllerdegehalt von 1,75 bis 2,0 Proc., welchen Berzelius für den Gadolinit von Kårarfvet angiebt, ist daher gewiſs als richtig, oder wenigstens der Wahrheit sehr nahe kommend, anzunehmen.

Connell [1]) versetzte die von der Kieselerde abfiltrirte salzsaure Solution, nachdem vorher alles Cer durch schwefelsaures Kali abgeschieden worden war, mit Weinsteinsäure, und präcipitirte das Eisen mittelst Schwefelammonium. Die von diesem Niederschlage getrennte Flüssigkeit ward eingedampft und, bis zum Verbrennen der Weinsteinsäure, geglüht. Die eingeäscherte Masse, welche Yttererde und Beryllerde enthielt, ward in Salzsäure gelöst, die Lösung annähernd durch Ammoniak neutralisirt und mit oxalsaurem Ammoniak gefällt [2]), wodurch fast alle Yttererde niedergeschlagen wurde. Die rückständige Solution ward nun mit einem Ueberschuſs von kaustischem Kali *gekocht*. Das Nichtgelöste ward zum zweiten Male mit kaustischem Kali behandelt; ob wieder gekocht wurde, ist nicht angegeben. Der von Connell gefundene Beryllerdegehalt dürfte daher vielleicht wohl etwas zu niedrig seyn.

Ueber das Verfahren, welches Thomson und Steele bei ihrer Analyse anwendeten, habe ich keine genauen Angaben erhalten können.

Was nun diejenigen Gadolinite betrifft, in denen keine Beryllerde gefunden wurde, so ist hierbei kein Irrthum, durch ein mangelhaftes analytisches Verfahren, anzunehmen, da durch ein solches wohl *zu wenig* Beryllerde hätte gefunden, dieselbe aber doch nicht ganz hätte übersehen werden können. So viel erscheint da-

1) *Edinburgh new philosoph. Journ. T. XX p.* 300.

2) Connell hatte sich auch schon davon überzeugt, daſs Beryllerde und Yttererde durch kaustisches Kali nicht scharf von einander zu trennen seyen.

her mit völliger Sicherheit ausgemacht zu seyn, *dafs es beryllerdehaltige und beryllerdefreie Gadolinite giebt, und dafs erstere mit sehr verschiedenem Beryllerdegehalte vorkommen.*

Es spricht diefs gewifs sehr für v. Kobell's und meine frühere Annahme, dafs nämlich die Beryllerde als 1- und 1atomige Basis betrachtet werden müsse. Jedoch bedarf es jetzt, nachdem wir durch v. Awdejew's schöne Arbeit [1]) über die Zusammensetzung der Beryllerde so interessante Aufschlüsse erhalten haben, wohl kaum noch weiterer Beweise für jene Annahme.

Was die chemische Formel der Gadolinite betrifft, so gedenke ich mich später darüber auszusprechen, da mir v. Awdejew's Arbeit zu spät in die Hände kam, als dafs ich Zeit gehabt hätte die darin enthaltenen neuen Thatsachen schon jetzt bei dieser Frage gehörig zu würdigen.

Nachschrift.

(Ein neues Metall, *Didym*, betreffend.)

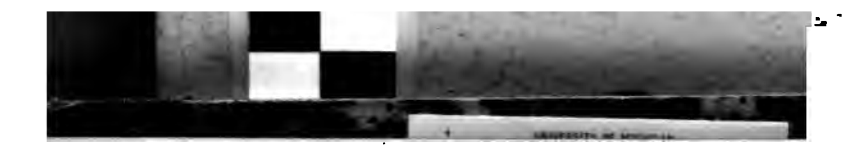
Durch meinen, in der chemischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Stockholm gehaltenen Vortrag, über einige der eben abgehandelten Thatsachen, fühlte sich Hr. Prof. Mosander veranlafst, den anwesenden Mitgliedern jener Section einige Mittheilungen von hohem Interesse zu machen, deren Hauptinhalt ich hier in Kürze (von Hrn. Prof. Mosander dazu autorisirt) wiedergeben will.

Derjenige Körper, welchen man noch vor wenigen Jahren für Ceroxyd hielt, und in welchem Mosander das Lanthan als Bestandtheil auffand, enthält, aufser jenen beiden Metallen (Cer und Lanthan), noch ein drittes, welches Mosander »*Didym*« genannt hat, da es gewissermafsen als Zwillingsbruder des Lanthans und, wie

1) S. 101 dieses Bandes d. Annalen.

es bis jetzt scheint, leider als ein sehr *unzertrennlicher* desselben) auftritt. Es ist das Didymoxyd, welches dem (sogenannten) Ceroxyde seine braune Farbe mittheilt, und welches zugleich der Grund ist, dafs einige Salze der Yttererde zuweilen eine mehr oder weniger starke rosenrothe oder amethystrothe Farbe besitzen. Reines Ceroxyd und Lanthanoxyd erscheinen fast farblos, und dürften in vollkommen reinem Zustande wohl gänzlich farblos seyn. Ceroxydhydrat ist schwefelgelb. Schwefelsaures Didymoxyd besitzt eine Farbe, welche zwischen Rosenroth und Amethystroth steht. Wird das braune Didymoxyd einer starken Glühhitze ausgesetzt, so verliert es seine Farbe und wird schmutzigweifs. Zugleich scheint es, als ob hierdurch sein Gewicht durchaus nicht verändert würde. Hr. Prof. Mosander fügte auch hinzu, dafs aus einem Gemenge von Ceroxyd und Lanthanoxyd das letztere sich nur unvollkommen durch sehr verdünnte Salpetersäure ausziehen läfst. Ein Theil des Lanthans bleibt hierbei stets zurück, und ein Theil des Ceroxyds wird mit aufgelöst. Geglühtes Ceroxyd ist allerdings vollkommen unlöslich in verdünnter Salpetersäure, *aber nicht, wenn es mit Lanthanoxyd gemengt ist.* Trotz dem, dafs Hr. Prof. Mosander sich nun schon mehrere Jahre lang mit diesen interessanten Körpern beschäftigt (das Didym kennt er bereits seit etwa 1½ Jahr), so ist es ihm doch bis jetzt durchaus nicht gelungen, eine gute Methode zur vollkommenen Isolirung derselben ausfindig zu machen. Allein nicht eher, als bis er die Natur dieser drei Metalle und ihrer Verbindungen gründlich ausgemittelt hat, dürfen wir von ihm weitere Mittheilungen darüber erwarten.

Es ergiebt sich aus diesen Thatsachen mit grofser Wahrscheinlichkeit, dafs die von mir vorhin angeführte Reaction, welche ich dem Lanthanoxyd zuschrieb, *nicht diesem, sondern dem Ceroxyd zukommt.* Jedoch finden hierbei allerdings noch einige mir bis jetzt unerklärliche



Umstände statt. Ferner ergiebt sich, dafs jenes färbende Oxyd, welches die Yttererde des Gadolinits von Hitteröen begleitet, und in welchem ich einen neuen Körper zu ahnen wagte, wahrscheinlich Didymoxyd ist.

Hr. Prof. Mosander räth übrigens jedem Chemiker, welcher sich mit der Untersuchung cer-, lanthan- und didymhaltiger Verbindungen abgiebt, sich einstweilen zu begnügen nur die Summe dieser drei Oxyde zu bestimmen, bis eine gute Trennungsmethode ausfindig gemacht ist. Approximative Bestimmungen der relativen Mengen derselben sind ohne Nutzen, und können sogar zu Fehlschlüssen verleiten.

XIV. *Ueber die wie Kork auf Wasser schwimmenden Mauersteine der alten Griechen und Römer, deren Nutzen, leichte Nachbildung und reichlich vorhandenes Material in Deutschland; von C. G. Ehrenberg.*

(Aus den Monatsberichten der Academie: Maistück 1842.)

Es hat seit alten Zeiten als eine Wunderbarkeit Interesse erregt, dafs es Steine giebt, welche schwimmen. Den Griechen und Römern waren die schwimmenden Steine schon sehr bekannt, da in ihren Ländern sich vulkanische Gegenden fanden, welche Bimstein in Menge lieferten, und die Kinder schon spielten wahrscheinlich mit den schwimmenden Steinen, wie man denn in den Bädern die feineren Sorten, besonders die von der Insel *Sciros*, zum Abreiben und Zartmachen der Oberhaut wohl sehr allgemein verwendete.

Aufser diesem Interesse der Sonderbarkeit, welches etwa dem der fliegenden Fische gleich kommt, erhielten

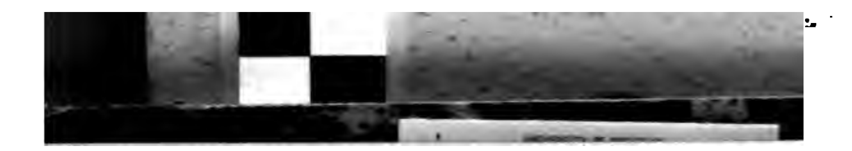
aber schon frühzeitig die schwimmenden Steine ein weit gröfseres Interesse.

Der Historiker Posidonius und nach ihm Strabo, berichten, dafs es in Spanien eine thonartige Erde gebe, die man zum Poliren des Silbers brauche und aus der man dort Bausteine forme, welche auf dem Wasser schwimmen. Aehnliches geschehe auf einer Insel des tyrrhenischen Meeres und in Pitane Asiens.

Vitruvius Pollio, der römische Baumeister, hat sich über diese Steine als ein wegen seiner Leichtigkeit zum Bauen ganz besonders zu empfehlendes Material geäufsert, und auch Plinius hat diese bimsteinartige *aber formbare* Erde als eine Sache von gröfster Nützlichkeit angepriesen.

Diese alten Nachrichten sind Jahrtausende lang ohne andere als die sehr locale Anwendung geblieben, weil das Material sonst nicht zu haben war.

Im Jahre 1791, also nach 1700 Jahren erst, hat ein Italiener, Giovane Fabroni, eine Erneuerung und Erweiterung der Kenntnisse dieser Art dadurch herbeigeführt, dafs er Versuche zum Formen von Bausteinen mit einer als Bergmehl bezeichneten Kieselerde machte, die sich bei Santafiora in Toscana findet, und es gelang ihm wirklich, so leichte Ziegelsteine daraus zu bereiten, dafs sie auf Wasser schwammen. Sie verbanden sich dabei gut mit Mörtel, und widerstanden der Erweichung durch Wasser vollständig. Diese Steine waren so schlechte Wärmeleiter, dafs man ein Ende derselben in der Hand halten konnte, während das andere rothglühend war. Er machte ferner auf einem alten Fahrzeuge das Experiment, eine viereckige Kammer aus solchen Steinen zu wölben und mit Schiefspulver anzufüllen. Das mit Holz bedeckte Schiff brannte ganz ab, und als der Boden der Pulverkammer weggebrannt war, versank es ohne Entzündung des Pulvers. Seine Abhandlung: *Di una singolarissima specie di mattoni* wurde in der Academie zu Florenz



vorgetragen, und dann in mehrere technische Journale und Einzelwerke in Italien aufgenommen.

In jener Zeit hatte auch Hr. Faujas bei Coiron in Frankreich, unfern der Rhone, eine eigenthümliche Erdart bemerkt, und Fabroni fand bei seiner Anwesenheit in Paris, dafs sie ganz die gleichen Charaktere des von ihm in Italien zu den leichten Steinen benutzten Bergmehls habe. Deshalb veranlafste der Kriegsminister Hrn. Faujas zu einer wiederholten speciellen Untersuchung jener Erde und ihrer Localität. Die damaligen anderen Kriegsoperationen oder die geringe Ergiebigkeit an Material, haben aber, wie es scheint, die weitere Benutzung unterbrochen.

Im Jahre 1832 machte der Comte François de Nantes, Pair von Frankreich, durch das *Journal des connaisances utiles* seine Landsleute mit jener Entdekkung des Fabroni von Neuem bekannt, und forderte sie zu deren Bestätigung und Benutzung in Frankreich auf: *Il est fort a souhaiter que l'on cherche et que l'on découvre en France cette substance blanche et pulvérulente commune en Toscane et connue sous le nom de Farine fossile. Avec cette poussière on fabrique des tuiles inaltérables et éternelles qui surnagent sur l'eau et je puis en montrer quelques unes, qui furent faites il y a deux mille ans.*

Hierauf hat der sehr rühmlich bekannte Director der Bergwerksangelegenheiten von Pont-Gibaud, Hr. Fournet, in Lyon 1832 einen Aufsatz drucken lassen: *Notice sur la silice gélatineuse de Ceyssat, près de Pond Gibaud, département de Puy de Dome, et sur son emploi dans les arts*, worin derselbe die Gleichheit dieser Erde mit der italienischen anzeigt, und die von Herrn Fabroni angegebenen Eigenschaften so wie ihre technische Nützlichkeit und Wichtigkeit bestätigt.

Hr. Fournet fand, dafs aus dieser Erde bereitete gebrannte Steine sich mit dem Messer leicht schneiden

... Sculptur aufnehmen zu Abgüssen von Me-
... den Abguss leicht loslassen, weshalb er sie für
... vortheilhafter hält als ... Schalpen, indem man
... beliebig grofs formen ... Ferner empfiehlt er
... als Holz sparend gegen
... Kieselerde für ... Abkühlungsgefäfsen für
den Sand, ... Ausglühen leicht reini-
... Wachs überzogen, schwam-
... Ferner sagt er: man sieht
... welchen eine so leichte Substanz
... Die Pulverkammer, die Kü-
... Dampfmaschinen, die Orte wo Spi-
... und die, wo leicht glühende Kugeln
..., lassen sich dadurch sicher ma-
... sie wichtig für die Gewölbe der
... Oefen, wo man die Hitze zu ho-
... concentriren will, weil sie nicht schmilzt
... zusammenzieht.

... der Graf Montlosier auch auf seiner
... Sanddamme dergleichen Erde gefunden, und
... Pelli-Fabroni in Florenz hat 1838
... die Aufmerksamkeit auf die Anwendung sol-
... gegen Feuersgefahr hingelenkt. Uebrigens
... Anwendung desselben Materials in Griechenland
... schon lange in Gebrauch, da ein solches Berg-
... Zante in des verstorbenen Chemikers Klap-
... dem Königlichen Mineralien-Kabinette einver-
... Sammlung mit der Etikette *Πλοκαφουρνο* liegt,
welches griechische Wort offenbar »*Ofen-Mörtel*« be-
zeichnet.

Man hielt diese Erdarten allgemein für unorganisch,
und ihr Auffinden für ein zufälliges Glück, weshalb denn
ihre technische Benutzung sich wenig verbreiten konnte.
Die am meisten gerühmten jener verschiedenen Erd-
... Italiens, Frankreichs und Griechenlands habe ich
... einer Reihe von Jahren untersucht, und der

Academie auch seit 1836 schon mitgetheilt, dafs die Erden von Santafiora, Ceyssat (nicht Ceypah) und Zante ihre Eigenthümlichkeit dem Umstande verdanken, dafs sie Zusammenhäufungen unsichtbar kleiner Kieselschalen von Infusorien sind.

Die neueren Fortschritte in der Kenntnifs des Einflusses der unsichtbaren kleinen Thiere haben meine Aufmerksamkeit nun auch auf die technische Anwendbarkeit derselben gelenkt, und da von vielen Seiten und auch von ganz practischen Männern, wozu man doch den Vitruvius Pollio, römischen Baumeister des Kaisers Augustus, sowohl, als den Bergwerksdirector Hrn. Fournet in Lyon, zählen mufs, die Nützlichkeit des Infusorien-Thones (γῆ ἀργιλώδης) für vielerlei technische Zwecke hervorgehoben worden ist, so scheint es mir zweckmäfsig, in wissenschaftlicher Form auf die nahe Gelegenheit aufmerksam zu machen, welche man in der hiesigen Hauptstadt sowohl, als wahrscheinlich im ganzen Spree- und Havelthale, ja wohl in allen unteren Flufsgebieten und Küstenniederungen Deutschlands, wie aller Länder hat, diese Nützlichkeit zu prüfen und anzuwenden.

Das unter den Häusern Berlins am Spreeufer liegende, zuweilen sehr mächtige Infusorienlager ist da, wo es, frisch gegraben, silbergrau, trocken, pfeifenthonartig weifs aussieht, von ganz derselben Beschaffenheit wie das italienische und das französische, aber bedeutend mächtiger und ausgedehnter als jene. Durch die Gefälligkeit des Hrn. Geh. Bergraths Frick, Directors der Königl. Porcellanfabrik, habe ich einige Mauersteine anfertigen zu lassen Gelegenheit gehabt, von denen ich der Academie einige Proben vorgelegt habe. Ein gewöhnlicher Mauerstein wiegt 7 bis 8 Pfund und darüber. Ein fast eben so grofser von dem Berliner Infusorien-Thon wiegt weniger als 2 Pfund. Mit Wachs überzogene Stücke schwimmen wie Kork auf dem Wasser. Das stärkste Porcellanofenfeuer schmilzt diese Steine nicht und

verkürzt sie wenig. Durch Zusatz von etwas Thon oder Lehm wird die Festigkeit den gewöhnlichen Mauersteinen gleich, wohl sogar besser, aber die Schwere nicht bis zur Hälfte erhöht.

Die übrigen Benutzungen zum Poliren, zum Formen, zum Ausfüttern aller Feuerstellen, besonders derer, welche starke Hitzgrade zu erleiden haben, zu Brandmauern der Häuser, zum Bauen von steinernen Behältern oder Unterlagen auf Schiffen reihen sich an jene des Wölbens und der gewichtloser zu haltenden inneren Bedekkungen an, und werden, wie ich glaube, in neuer Zeit wie in der alten, mannichfachen Nutzen auch in Deutschland, Schweden, Finnland, Nordamerika, gewähren, sobald die Anwendung mit der gehörigen Umsicht vorgenommen wird.

XV. *Beobachtungen über die Nordlichter und das Funkeln der Fixsterne in Schottland; von Hrn.* Necker de Saussure.

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago. — *Compt. rend. T. XII p.* 346.)

— Ob man die Lichtscheine vom 13. Nov. und 31. Dec. 1839, vom 5., 28., 31. Jan., 26. und 28. Febr., 2., 5. und 26. März 1840 als Nordlichter betrachten dürfe, ist sehr zweifelhaft. Alle übrigen sind wahrhafte Nordlichter, und mehr oder weniger schöne. Unter diesen gab es nur ein einziges, welches roth war, dasjenige vom 3. Jan. 1840, welches auch in Genf gesehen wurde.

Die Nordlichter sind ohne Vergleich gröfser, schöner und complicirter auf der Insel Sky als bei Edinburgh. Hier erreichen sie selten das Zenith; auf Sky dagegen gehen sie beständig darüber hinaus, und nehmen den gröfsten Theil des Himmels ein.

Das vom 3. Sept. 1839 war sogar lediglich auf den südlichen Himmel beschränkt; es ist das einzige dieser Art, welches ich gesehen habe.

Häufig geschah es, sowohl zu Edinburgh als auf Sky, dafs zwei Abende hinter einander schöne und grofse Nordlichter sichtbar waren.

Drei Mal habe ich Nordlichter gesehen, die vor Sonnenuntergang anfingen, und ihre hellen, weifsen Licht-



säulen auf das noch am Abendhimmel vorhandene Gelb und Orange projicirten. Es war zu Sky am 4. Sept. und 28. Oct. 1839, und am 4. Jan. 1840.

Niemals vermochte ich ein eigenthümliches Geräusch zu hören, nicht einmal während der gröfsten und lebhaftesten Nordlichter zu Sky, wo die gröfste Ruhe und die tiefste Stille herrschte. Dennoch habe ich auf den Shetlands-Inseln viele Zeugnisse in dieser Beziehung gesammelt, die um so merkwürdiger sind, als sie ganz freiwillig waren und durch keine Frage von meiner Seite beeinträchtigt wurden.

Personen verschiedenen Standes, die auf diesen Inseln sehr entfernt von einander wohnen, sagten einstimmig, dafs das Nordlicht, wenn es stark sey, von einem Geräusch begleitet werde, und alle verglichen es einstimmig mit dem einer Schwinge (*van*), mit welcher man Getraide reinigt.

Eine der Personen, welche von der Northern Lighthouses Company zu Edinburgh mit der Anstellung meteorologischer Beobachtungen auf dem Leuchtthurm von Sumburgh-head beauftragt sind, und die deshalb Uebung im genauen Beobachten haben, sagte mir selbst und von freien Stücken, dafs diefs Geräusch immer deutlich hörbar sey, und sie fügte sogar hinzu, dafs sie es bei verschlossenen Fensterladen in den Stuben des Leuchtthurms gehört, und ihr dieses als Anzeige gedient habe, dafs draufsen ein Nordlicht vorhanden sey, was sie denn auch bestätigt gefunden.

Mehrmals waren die Nordlichter von Reif begleitet, und den meisten von ihnen folgten grofse Schnee- oder Regenfälle und heftige Windstöfse und Stürme. In dieser Beziehung bestätigen also meine Beobachtungen die in Schottland allgemein verbreitete Meinung, dafs die Nordlichter Vorboten von schlechtem Wetter und starken Winden seyen.

Ich habe mir von Hrn. J. D. Forbes sagen lassen, dafs zu Edinburg die Fixsterne, selbst die gröfsten, niemals funkeln, ausgenommen bei Nordlichtern. Meine eigenen Beobachtungen bestätigen im Allgemeinen diese Bemerkung. Es ist wahr, dafs in diesen Gegenden die Fixsterne nicht funkeln, oder wenigstens habe ich nur selten, und zwar bei denen erster Gröfse, ein schwaches Funkeln bemerkt.

Auf Sky dagegen flimmern und funkeln die Fixsterne eben so lebhaft als in den schönsten Nächten in Frankreich und der Schweiz. So verhält es sich auch auf den übrigen Hebriden, auf den Orkaden, den Shetlands-Inseln, an der ganzen Westküste des nördlichen Schottlands und in der hohen Region oder den Highlands. Es ist jedoch zu bemerken, dafs es in allen diesen Gegenden keine grofse Stadt, kaum ein Flecken oder ein grofses Dorf giebt, keine bedeutenden Fabriken und Manufacturen, die viel Steinkohle verbrennten; die dünn gesäte Bevölkerung dieser einsamen Gegenden brennt nur Torf oder Holz, dessen leichter Rauch sich bald nach allen Seiten zerstreut und die Atmosphäre nicht verdunkelt. Auch ist der Himmel dort so rein wie auf dem Continent. Dagegen, in dem ganzen unteren Schottland, an der Ost- und Nordost-Küste dieses Landes, wo Städte und grofse Dörfer, Fabriken und Manufacturen überreichlich vorhanden sind, und die Steinkohle das stete Brennmaterial bildet, ist nicht nur in Städten und deren unmittelbarer Nachbarschaft die Atmosphäre verdunkelt durch dicken Rauch, den der Wind bald hie-, bald dahin treibt, sondern man kann selbst noch auf den von den Städten entferntesten Feldern zu allen Jahreszeiten gewahren, dafs die Luft wegen dieses Steinkohlenrauchs dunstig ist. So ist es in ganz England, und selbst auf der Nordsee, an der Ostküste Britanniens, hat mich bei meinen oftmaligen Reisen die geringe Klarheit der Luft und das dunstige Ansehen dieser Gegenden immer in Verwunderung gesetzt. Nichts hat mich deutlicher überzeugt, dafs diefs nur von Steinkohlenrauch herrührt, als der Umstand, dafs ich, während der schönsten Monate des Frühlings und des anfangenden Sommers 1839, während die Insel Arran sich der reinsten Luft und des heitersten Himmels erfreute, von dieser Insel aus, und besonders von den Gipfeln der Berge herab, die gegenüberliegenden Küsten der Grafschaften Ayr und Renfrew beständig von einer dicken Nebelschicht, ähnlich einer langen Wolkenbank von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Grad Höhe über dem Horizont, bedeckt sah. Es ist daher nicht zu verwundern, dafs das Funkeln der Sterne davon ergriffen wird. Wie aber kann das Nordlicht dieses Funkeln wiederherstellen? — Das weifs ich nicht.



1842. ANNALEN № 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVI.

I. *Ueber das abgekürzte Barometer;*

von Hermann Kopp,
Privatdocenten der Physik und Chemie zu Giefsen.

Ich habe in dem XL. Bande dieser Annalen die Construction eines abgekürzten Barometers angegeben, welche mir namentlich bei Höhenmessungen vortheilhafte Anwendung zu gestatten schien. Das Instrument, wie ich es am angeführten Ort beschrieben habe, ist nicht unbeachtet geblieben [1]), und wurde mehrfach ausgeführt; doch ist mir nichts darüber bekannt, dafs es ausgedehntere praktische Anwendung gefunden, und wie es sich dabei als brauchbar bewährt habe. — Ich selbst habe indefs vielfache Erfahrungen über solche abgekürzte Barometer gemacht, und will die Resultate davon hier mittheilen; nämlich hinsichtlich der Construction, welche man zu wählen hat, um ein vollkommen zuverlässiges Instrument zu erhalten, und hinsichtlich der Genauigkeit in den Angaben, die damit erzielt werden kann.

Die Lösung der Aufgabe, ein kleines, leicht transportables Instrument zu construiren, was mit genügender Zuverlässigkeit den Luftdruck angiebt, scheint mir nicht ohne Wichtigkeit zu seyn; wenngleich fast Alle, die sich praktisch mit Höhenmessungen beschäftigen, den transportablen Barometern von gewöhnlicher Länge und Construction unbedingt und von vorn herein den Vozug vor jeder andern Vorrichtung geben, die den Luftdruck anzeigen soll. Man hält im Allgemeinen jede andre solche Vorrichtung für nutzlos, und es wurden auch fast alle

1) Leonhard's *Agenda geognostica;* Forbes im *Report of the tenth Meeting of the British association;* u. a. m. a. O.

dahin gehörigen Vorschläge (deren schon so viele gemacht sind) von niemand ausgeführt, als nur von den Erfindern, und selbst von diesen nur wenig angewandt.

Die Ursache hiervon ist sehr leicht einzusehen. Einmal sind Reisebarometer von gewöhnlicher Länge für den, welcher einige Uebung in ihrer Behandlung hat, gar nicht in dem Grade so schwierig zu transportiren und auch nicht so zerbrechlich, als man vielfach glaubt. Sodann waren die andern, statt der Barometer vorgeschlagenen Vorrichtungen, wenn auch von kleinerem Volum, doch Beschädigungen auf dem Transport eben so leicht und noch leichter ausgesetzt; die Genauigkeit ihrer Angaben blieb aber stets hinter der eines gewöhnlichen Reisebarometers zurück und der Luftdruck mufste bei den meisten aus den unmittelbaren Beobachtungen erst noch durch Anwendung mühsamer Correctionen abgeleitet werden; das einzige, worin fast alle diese Vorrichtungen das gewöhnliche Reisebarometer übertrafen, war die Lastbarkeit. — Mit Recht also wendeten die Praktiker nur die gewöhnlichen Reisebarometer an, und verwarfen die Surrogate, da die letzteren in keiner Beziehung einen Vortheil, in mehrfacher Beziehung aber Nachtheile boten.

Die Genauigkeit der Angaben eines Instruments, von der Art wie das Barometer, mufs in einem gewissen Verhältnifs zu der Leichtigkeit, mit welcher man es bei sich führen kann, und besonders zu seinem Preise stehen, und zwar kann hinsichtlich der Genauigkeit bis zu einer gewissen Grenze verloren gegeben werden, wenn die Bequemlichkeit des Transports dabei bedeutend gewinnt, und wenn die Lastbarkeit bei weitem rascher abnimmt, als die Genauigkeit. — Ein kleiner Verlust an Genauigkeit darf nur durch bedeutende Erleichterung des Gebrauchs und durch bedeutende Preiserniedrigung erkauft werden.

Wenn ein Instrument diese Bedingungen erfüllt, so kann über seine Brauchbarkeit wohl kein Zweifel seyn:



und diesen Bedingungen hauptsächlich suchte ich bei der Ausführung eines abgekürzten Barometers Genüge zu leisten. Um bei der Beschreibung der verschiedenen Constructionen, durch welche ich diesen Zweck zu erreichen suchte, mir Wiederholungen zu ersparen, will ich das allen diesen Constructionen Gemeinsame hier vorausschicken.

Princip des abgekürzten Barometers.

Das Princip, auf welchem das abgekürzte Barometer beruht, und welches zuerst von August hierzu angewandt wurde, ist, dafs gleiche Volume Luft von verschiedener Dichtigkeit, um ein gleich grofses Volum comprimirt, verschieden hohen Quecksilbersäulen das Gleichgewicht halten, so dafs die verschiedenen Höhen der Quecksilbersäulen proportional sind den verschiedenen Dichtigkeiten. Da die Dichtigkeit der Luft durch den Barometerstand gegeben ist, so könnte schon folgendes Instrument zur Bestimmung des Luftdrucks dienen: In einem Glascylinder $mm_1 nn_1$ (Taf. II Fig. 6), durch dessen obere Fassung dd_1 eine dünne Glasröhre ef hindurchgeht, stecke unten ein Kolben k und über demselben befinde sich eine Schicht Quecksilber g. Wird bei senkrechter Stellung des Instruments der Kolben aufwärts gedrückt, so sperrt das Quecksilber, sobald es mit dem untern Ende e der Röhre ef in Berührung kommt, in dem obern Theile mm_1 des Glascylinders ein bestimmtes Volum Luft $= x$ ab; bei noch weiterem Aufwärtsdrücken des Kolbens wird diese Luft comprimirt, und das Quecksilber steigt in der Steigröhre ef in die Höhe. Drückt man den Kolben aufwärts, bis sich das Quecksilber in mm_1 in genauer Berührung mit der Spitze a eines an die Fassung dd_1 befestigten Drahts befindet, so wird, wenn der Raum von e bis a durch y und der Barometerstand durch BSt gegeben ist, die Höhe der Quecksilbersäule in der Steigröhre durch $\frac{y}{x-y}\,BSt$ ausgedrückt seyn. Hat sich

bei Wiederholung dieser Operation der Barometerstand geändert, so wird auch die Quecksilbersäule in ef von verschiedener Höhe seyn; sie ist immer dem Barometerstand proportional.

Wenn also an der Steigröhre eine Skale befestigt ist, welche die Quecksilberhöhe, von der Drahtspitze a an gerechnet, in irgend einem Maafse angiebt, so läfst sich ein solches Instrument gebrauchen, um die Aenderungen des Barometerstandes zu bestimmen. Man ermittelt aus mehreren Beobachtungen (Compressionen der Luft im Instrument bis zur Berührung der Drahtspittze a durch das Quecksilber), mit welchem Coëfficienten die abgelesene Quecksilberhöhe zu multipliciren ist, um den wahren Barometerstand zu geben; kennt man diesen Coëfficienten, so kann man nun allgemein aus den Angaben des Instruments den am Ort und zur Zeit irgend einer damit angestellten Beobachtung stattgehabten Barometerstand bestimmen, indem man die bei der Beobachtung abgelesene Quecksilberhöhe mit dem früher ausgemittelten Coëfficienten multiplicirt.

Die Anwendung dieses Princips beruht also darauf, dafs man annimmt, dieser Coëfficient, einmal ausgemittelt, sey sodann stets anwendbar; mit andern Worten, dafs man annimmt, das Instrument sey vollkommen unveränderlich, es werde darin immer dieselbe vollkommen gleiche Volumenmenge Luft abgesperrt, und immer um vollkommen gleich viel dem Raum nach comprimirt.

Bei einem Instrument, welches oft und auf lange Strecken transportirt wird, wäre es möglich, dafs eine solche angenommene Unveränderlichkeit nicht in Wirklichkeit statt hat; selbst wenn eine Construction gewählt ist, bei der man in keiner Hinsicht eine Alteration des Instruments zu befürchten hat, ist es der Sicherheit wegen von Vortheil, aus den Angaben des Instruments an Ort und Stelle der Beobachtung sich von dem unveränderten Zustande desselben überzeugen zu können, und



an dem Instrument selbst eine Controle für die Richtigkeit seiner Angaben zu haben. Dieser Forderung wird auf folgende einfache Art Genüge geleistet.

Denken wir uns in Fig. 6 Taf. II aufser dem Draht a noch einen zweiten b befestigt, der von dem erstern hinsichtlich seiner Länge nur wenig verschieden ist. Man kann offenbar diesen Draht b ebenso benutzen, wie es vorhin für den Draht a gezeigt wurde, und aus den Angaben des Instruments für die Compressionen bis zu der Drahtspitze b ebensowohl auf den Barometerstand schliefsen. Es wäre hierzu nur nöthig, dafs an der Steigröhre ef zwei Skalen angebracht wären, eine, als deren Nullpunkt die Drahtspitze a, und eine, als deren Nullpunkt die Drahtspitze b gälte. Diesem Uebelstand, eine doppelte Skale anbringen zu müssen, entgeht man dadurch, dafs man auf der beliebig getheilten Skale den Nullpunkt nahe über der Fassung dd_1, aber sonst willkührlich, annimmt, und den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale, in Theilen dieser letztern ausgedrückt, bestimmt. Diese Abstände werden dem Instrument als Correction beigefügt, und die Quecksilberhöhe, welche einer Compression bis zu einer der Drahtspitzen zugehört, ist die auf der Skale abgelesene Höhe, corrigirt um den Abstand dieser Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale.

Sei nun dieser Abstand für die Drahtspitze $a = \mathfrak{a}$ (für die Drahtspitze $b = \mathfrak{b}$), die bei Compression bis zur Drahtspitze a auf der Skale abgelesene Quecksilberhöhe $= \mathfrak{A}$ (bis zur Drahtspitze $b = \mathfrak{B}$) so ist die ganze Quecksilberhöhe, welche dieser Compression bis zur Spitze a entspricht, $= \mathfrak{A} + \mathfrak{a} = A$, (die, welche der Compression bis zur Drahtspitze b entspricht, $= \mathfrak{B} + \mathfrak{b} = B$). Bei wiederholten Operationen bei verschiedenem Barometerstand ändert sich $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$, so dafs immer A und B dem Barometerstand proportional sind. Man bestimmt aus mehreren Beobachtungen die constanten Coëfficien-

ten α und β, womit A und B zu multipliciren sind, um den wahren Barometerstand zu geben, so dafs $A.\alpha = BSt$ und $B.\beta = BSt$. Es behalten α und β denselben Zahlenwerth für dasselbe Instrument (man findet mittelst ihrer aus richtigen Beobachtungen den richtigen Barometerstand), so lange sich an dem Instrument nichts ändert. Man kann dann, wo α und β bekannt sind, mittelst des Instruments überall den Barometerstand bestimmen; man comprimirt die Luft im Instrument bis zu a und bis zu b, findet durch Ablesen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ und durch Zufügen der Correctionen $\mathfrak{A} + \mathfrak{a} = A$ und $\mathfrak{B} + \mathfrak{b} = B$, welche mit α und β multiplicirt den gesuchten Barometerstand durch $A.\alpha$ und $B.\beta$ übereinstimmend geben müssen. Erleidet das Instrument später irgend eine Veränderung, so wird sich diese in der Art bemerklich machen, dafs $A\alpha$ nun nicht mehr $= B\beta$ ist. Man hat hier eine Controle für die Richtigkeit der Angaben des Instruments und für die Zulässigkeit der an demselben gemachten Beobachtungen. — In der Ausübung ist diejenige Art der Controle noch einfacher, dafs man bei der Beobachtung sogleich den Quotienten $\frac{A}{B}$ berechnet; dieser Quotient mufs stets, bei allen Barometerständen, dem früher bestimmten Werthe $\frac{\alpha}{\beta}$ gleich seyn, wofern das Instrument noch ganz unverändert so ist, wie es zur Zeit der directen Bestimmung von α und β war. Diese Art der Controle giebt begreiflich stattgehabte Veränderungen um so deutlicher an, je verschiedener der Werth $\frac{B}{A}$ von 1 ist, und man wird also, um sie anzuwenden, die beiden Drahtspitzen ziemlich ungleich lang nehmen, so dafs bei den Beobachtungen A und B hinlänglich verschiedene Werthe haben. Die Uebereinstimmung des aus den Beobachtungen sich ergebenden Quotienten $\frac{B}{A}$

mit dem für das Instrument ein für allemal bestimmten Werthe $\frac{\alpha}{\beta}$ ist dann der Maafsstab für die Brauchbarkeit der Beobachtungen; ebenso, wie eine erhebliche Differenz zwischen beiden darauf schliefsen läfst, entweder, dafs die Beobachtungen fehlerhaft sind, was sich durch Wiederholung derselben leicht entscheiden läfst, oder, dafs an dem Instrument eine Veränderung stattgefunden hat. Wie eine solche Veränderung entstehen kann, werden wir sogleich sehen.

Ueber die beste Construction des abgekürzten Barometers.

Ein Instrument, welches die eben besprochene Einrichtung (Fig. 6 Taf. II) hat, ist allerdings schon zur Bestimmung des Barometerstandes anwendbar; indefs eignet sich die Construction desselben für die Praxis nicht vortheilhaft. Ueberhaupt leisten nicht alle Constructionen, welche sich auf das angegebene Princip gründen, gleichviel, und grade die Einrichtungen, welche als die einfachsten am nächsten liegen, bewährten sich mir bei längerem Gebrauch am wenigsten. Um Anderen die Mühe zu ersparen, in dieser Beziehung nutzlose Erfahrungen machen zu müssen, will ich einige der Constructionen, die ich ausgeführt habe und für welche mir umfassendere Reihen von Beobachtungen vorliegen, hier kurz angeben, diejenige Construction aber, welche meiner Erfahrung nach allen Anforderungen Genüge leistet, ausführlicher beschreiben.

Die einfachste Construction, auf welche ich auch bereits vor fünf Jahren im XL. Bande dieser Annalen aufmerksam gemacht habe, ist Fig. 7 Taf. II in etwa $\frac{1}{3}$ der wirklichen Gröfse dargestellt. Die Einrichtung geht aus dem Vorhergehenden und der Zeichnung deutlich genug hervor. Ein solches Instrument, dessen Skale und Controleinrichtung nach dem im Vorstehenden Enthaltenen ausgeführt war, habe ich vielfach gebraucht, und namentlich

im Mai 1841 zu zahlreichen Höhenbestimmungen im Salzburgischen benutzt. Die Resultate, welche ich hier erhielt, bestätigten sehr befriedigend die Anwendbarkeit des Princips, auf welchem das abgekürzte Barometer beruht; die Höhendifferenzen, welche ich mittelst meines Instruments fand, stimmten mit den von zuverlässigen Beobachtern auf andere Weise früher gefundenen, so nahe überein, als diese unter sich. Die mit diesem Instrument gemachten Beobachtungen hier vollständig anzuführen, wird indefs um so weniger nöthig seyn, da die dabei angewandte Construction mir dennoch verwerflich erscheint, insofern sie Uebelständen ausgesetzt ist, die sich durch Abänderung leicht vermeiden lassen.

Ein solches Instrument, Fig. 7 Taf. II, wo der gebogene Glascylinder mm_1nn_1 nur etwa 3 Linien im Durchmesser hat, wird nämlich durch den Uebelstand sehr afficirt, dafs durch anhaltendes Schütteln während eines langen Transports das Quecksilber sich oxydirt und dann am Glase fest anhaftet, wodurch eine merkliche Veränderung des Instruments herbeigeführt wird. Diese giebt sich dadurch zu erkennen, dafs alsdann der Quotient $\frac{B}{A}$ nicht mehr mit dem Werth $\frac{\alpha}{\beta}$ übereinstimmt, wie der letztere sich aus Beobachtungen ableitete, die angestellt wurden, als das Instrument noch neu war (als das Quecksilber noch nicht dem Glas adhärirte). Die Ursache davon liegt darin, dafs wenn das Quecksilber dem Glas nicht adhärirt, bei der Operation ein anderes Luftvolum in mm_1 abgesperrt wird, als wenn Adhäsion statt hat. In dem ersteren Falle berührt das Quecksilber die Spitze e der Steigröhre mit einer convexen Oberfläche, in dem zweiten mit einer planen oder concaven.

Dieser Umstand macht sich wenig bemerkbar in der ersten Zeit nach der Verfertigung des Instruments oder so lange es nicht sehr starke, anhaltende Erschütterungen erleidet, aber nach Reisen von 80 bis 100 Meilen



fand ich ihn sehr deutlich hervortretend; die Beobachtungen, die man alsdann anstellt, können nicht mehr mit Zuverlässigkeit nach den Coëfficienten berechnet werden, welche vor der Reise ausgemittelt wurden.

Man könnte diesen Uebelstand vermeiden, dadurch, dafs man das Instrument vor jeder gröfseren Reise von Quecksilber entleert, und erst an Ort und Stelle, wo man beobachten will, wieder einfüllt; es würde diefs indefs nur für kürzere Zeit helfen, und aufserdem würde diese Einrichtung das Instrument unbequem machen; ich suchte defshalb die in Rede stehende Fehlerquelle durch Veränderung der Construction unwirksam zu machen.

Diese Fehlerquelle ist offenbar von um so gröfserem Einflufs, je enger der Schenkel mm_1 ist. Will man diesen in der Construction Fig. 7 Taf. II viel weiter nehmem, so gelingt die Biegung bei p nicht mehr gut. Um weitere Gefäfsé an der Stelle von mm_1 anwenden zu können, versuchte ich die Constructionen Fig. 8 und 9 Taf. II, deren Einrichtung aus den Zeichnungen (in etwa $\frac{1}{3}$ der wirklichen Gröfse) deutlich genug hervorgeht. Es bestehen hier die Schenkel mm_1 und nn_1 nicht mehr aus einer einzigen, sondern aus verschiedenen Glasröhren, die mittelst der engeren Röhre p vereinigt sind. Diese Instrumente leisten, in Bezug auf die Unveränderlichkeit, etwas bessere Dienste; ich werde unten die Beobachtungen mittheilen, welche ein Urtheil über ihre Brauchbarkeit begründen. Doch lassen sich auch hier noch wesentliche Verbesserungen anbringen, und ich will nun ausführlicher diejenige Construction beschreiben, welche sich mir als bei weitem die zuverlässigste und zugleich in der Handhabung bequemste bewährte.

Die Unsicherheit in den Angaben eines abgekürzten Barometers, welches sich auf das oben angegebene Princip gründet, beruht einmal auf der Unsicherheit, ob in dem Luftbehälter mm_1 immer gleichviel Luft abgesperrt werde, und dann auf der Unsicherheit im Einstellen, nämlich

das Quecksilber in mm_1 in genaue Berührung mit einer Drahtspitze zu bringen. Die erstere dieser Unsicherheiten (so weit sie von der Veränderlichkeit der Gestalt abhängt, welche die Oberfläche des Quecksilbers hat) nimmt ab, wie die Weite von mm_1 zunimmt; die zweite übt hingegen einen um so gröfsern Einflufs aus, je weiter bei gleicher Höhe (gleichem Abstand von dd_1 bis e) der Luftbehälter mm_1 ist.

Beide Unsicherheitsquellen werden aber um so unmerklicher, je höher der Luftbehälter mm_1 bei gleicher Weite ist, auf ein je gröfseres Luftvolum sie sich nämlich vertheilen. Eine Construction, bei welcher nun der Luftbehälter mm_1 so hoch wie möglich ist, stellt Fig. 10 Taf. II. in etwa $\frac{2}{7}$ der wirklichen Gröfse dar. Hier befindet sich die Steigröhre ef fast ganz in dem Luftbehälter mm_1 eingeschlossen, die Skale ist auf das Glas der Steigröhre selbst aufgetragen, und die Drähte, mit deren Spitzen das Quecksilber bei der Compression in Berührung gebracht wird, sind ebenfalls an der Steigröhre selbst befestigt.

Die Einrichtung und Verfertigung dieses Instruments, welches in jeder Hinsicht verdient, in allgemeineren Gebrauch zu kommen, wird durch das Folgende hinlänglich klar werden. Von den beiden Glasröhren mm_1 und nn_1 braucht nur die nn_1 genau cylindrisch zu seyn; indefs ist auch für diese Ausschleifen nicht nöthig. Die Fassungen, mittelst welcher die gebogene Röhre p in mm_1 und nn_1 befestigt ist und das obere Ende von mm_1 verschlossen wird, lasse ich aus weichem Kork bestehen; sie sind mit gutem (bei dem Schmelzen keine Dämpfe ausstofsenden) Siegellack eingekittet, welches sie inwendig ganz glatt geschmolzen überzieht. — Den Kolben k verfertigt man gleichfalls aus weichem Kork, so dafs er ohne sich schwer auf- und abschieben zu lassen, für einen Druck von 8 bis 9 Zoll Quecksilberhöhe quecksilberdicht schliefst. (Vollkommen luftdicht braucht er nicht

zu schliefsen.) Der Kolben darf keine Art von Fett oder einer ähnlichen Substanz zum Behuf der leichtern Beweglichkeit erhalten, weil dadurch eine Verunreinigung des Quecksilbers herbeigeführt wird.

Bei der Zusammensetzung des Instruments vereinigt man zuerst die Röhren mm_1 und nn_1 durch Einkitten der gebogenen Röhre p; bevor die obere Fassung dd_1, in welcher die Steigröhre ef befestigt ist, eingesetzt werden kann, mufs alles zu dieser letzteren Gehörige vollendet seyn.

Die Steigröhre ef pafst man so ab, dafs ihre Länge ungefähr der von mm_1 gleichkommt. Wird sie dann später in das obere Ende von mm_1 so befestigt, dafs ihre untere Mündung e einige Linien über der unteren Fassung von mm_1 steht, so mufs ihre obere Oeffnung f über das obere Ende von mm_1 frei hervorragen. — Die Steigröhre ist unten bei e ein wenig verengt ausgezogen; es ist auf ihr eine willkührliche Skale aufgetragen, deren Nullpunkt etwa um $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge, womit die Steigröhre in mm_1 zu stehen kommt (um $\frac{1}{3}$ der Länge dd_1 bis e) von dem unteren Ende e der Steigröhre absteht. Die Skale wird auf die Steigröhre bis dahin aufgetragen, wo diese in die Fassung dd_1 eingekittet wird. Ihre Theilstriche und die Bezeichnung derselben sind entweder auf die Steigröhre geätzt, oder auch nur mit farbigem Firnifs aufgetragen; letzteres reicht hin, weil die Steigröhre in die Glasröhre mm_1 eingeschlossen und so gegen jede Beschädigung gesichert wird.[1])

1) Bei dieser Construction läfst sich also kein Nonius für die Skale anbringen, von dessen Anwendung einige vielleicht gröfsere Genauigkeit in den Leistungen des Instruments erwarten möchten. Man überzeugt sich leicht, wie unnütz überhaupt bei diesen Constructionen die Anbringung eines Nonius ist, wenn man bedenkt, dafs die Genauigkeit der Angaben hier nicht allein von der Genauigkeit des Ablesens auf der Skale, sondern auch von der Genauigkeit des Einstellens (das Quecksilber in genaue Berührung mit einer Drahtspitze zu bringen) abhängt, und dafs für das letztere ein ähnliches Hülfsmittel

Man befestigt nun die Steigröhre in die bereits eingepafste, aber noch nicht eingekittete Fassung dd_1, so dafs bei dem späteren Einsetzen dieser Fassung in mm_1 das untere Ende e der Steigröhre einige Linien von der unteren Fassung der Röhre mm_1 abstehen wird. — An die Steigröhre wird nun der Draht fest gemacht, mit dessen Spitzen a und b das Quecksilber bei der Compression der Luft in mm_1 in Berührung gebracht werden soll. Zu dem Ende wird ein Platindraht in seinem mittleren Theile spiralförmig gerollt und auf die Steigröhre geschoben, wie aus der Fig. 10 Taf. II ersichtlich ist. Beide Enden des Drahts, a und b, sind zugespitzt und geschwärzt, die eine Spitze a steht etwa um 2 bis 3 Linien niedriger als die andere b. Der Abstand der oberen Drahtspitze b von dem unteren Ende e der Steigröhre bestimmt sich auf folgende Weise.

Ist das Instrument fertig, so darf für den höchsten vorkommenden Barometerstand bei der Compression der

nicht anzubringen ist. Wollte man nämlich ein genaueres Einstellen dadurch erzielen, dafs man dem Kolben eine langsame Bewegung mittelst Winde und Getrieb oder einer Schraube mittheilte, so würde man dadurch die Dauer einer Operation sehr verzögern, und eine neue Fehlerquelle schaffen, dafs nämlich das Instrument als Luftthermometer wirken könnte. Solche complicirte Einrichtungen, die eine scheinbar gröfsere Genauigkeit bezwecken, würden das Instrument vertheuern, und es in Wirklichkeit ungenauer machen. Ich glaube, dafs für den Zweck des abgekürzten Barometers das Einstellen mittelst der blofsen Kolbenstange hinlänglich genau ist; nach kurzer Uebung bringt man schnell bei dem Abwärtsdrücken des Kolbens ihn gerade in dem Moment zum Stillstand, wo die Oberfläche des Quecksilbers in mm_1 eine Drahtspitze berührt. Etwas erleichtern kann man sich diefs noch, indem man die Röhre nn von ein wenig geringerem Durchmesser nimmt, als die mm^1, so dafs einer gröfseren Standveränderung des Kolbens in nn_1 eine geringere des Quecksilbers in mm_1 entspricht. — Ebenso ist das Ablesen der Quecksilberhöhe für unseren Zweck genau genug, wenn es bis auf $\frac{1}{10}$ Linie sicher ist; und so genau, durch blofse Schätzung der Unterabtheilungen einer nicht zu weitläufig getheilten Skale, abzulesen, ist gleichfalls für ein einigermafsen geübtes Auges leicht.



Luft in mm_1 bis zur Berührung der Drahtspitze b vom Quecksilber dieses in der Steigröhre nicht über die Fassung dd_1 hinaussteigen, weil die Skale nur bis dahin geht; die Stellung der Drahtspitze b mufs also so seyn, dafs für diesen Fall das Quecksilber in der Steigröhre bis nahe an die Fassung dd_1 sich erhebt, ohne darüber hinauszugehen. Insofern man die Räume in der Glasröhre mm_1 ihrer Höhe proportional betrachten kann, läfst sich, wenn die Länge der Steigröhre innerhalb mm_1 (von dd_1 bis e) gemessen ist, leicht finden, in welchen Abstand von dem unteren Ende e der Steigröhre die Drahtspitze b kommen mufs. Ist die erstere Länge $=x$ bekannt, so bestimmt sich der letztere Abstand y dadurch, dafs für den höchsten vorkommenden Barometerstand $=s$ (wo x, y, s in demselben Maafse ausgedrückt sind) $y+\frac{y}{x-y}s$ nicht gröfser als x seyn darf; man nimmt y so, dafs $y+\frac{y}{x-y}s$ um einige Linien kleiner ist als x. Für die Praxis reichen folgende Bestimmungen aus:

Ist x, die Länge der Steigröhre innerhalb mm_1 (von dd_1 bis e),	so nimmt man y, den Abstand der höchsten Drahtspitze b von dem untern Ende e der Steigröhre:
11 Zoll	2,45 Zoll
10 -	2,1 -
9 -	1,75 -
8 -	1,4 -

Man schiebt nun den Draht auf der Steigröhre so, dafs sich seine obere Spitze b genau in dem richtigen Abstand von dem untern Ende e der Steigröhre befindet, und befestigt ihn in dieser Stellung durch Aufschmelzen von etwas Siegellack. Sodann mifst man, noch vor dem Einkitten der Fassung dd_1 mit der Steigröhre in den Luftbehälter mm_1, den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale genau. Nunmehr kittet man die Fassung dd_1 in das obere Ende von mm_1 ein,

so dafs die Steigröhre sich in der Axe von mm_1 befindet.

Die Füllung des Instruments mit Quecksilber, geschieht folgendermafsen: Man nimmt den Kolben *k* aus der Röhre nn_1 heraus, und verschliefst das obere Ende *f* der Steigröhre mit einem Stöpselchen. Nun giefst man in nn_1 eine zureichende Menge von Quecksilber ein, setzt den Kolben in die obere Mündung der Röhre nn_1, kehrt das Instrument um, nimmt den Stöpsel von dem Ende *f* der Steigröhre weg und drückt den Kolben langsam aufwärts, bis alle Luft aus dem Cylinder nn_1 und der krummen Röhre *p* entfernt ist. Die Quantität Quecksilber nimmt man so, dafs bei dem höchsten Stand des Kolbens in nn_1, wenn sich zwischen dem Kolben und dem Quecksilber keine Luft mehr befindet, das Quecksilber in mm_1 etwa eine oder zwei Linien unter dem Ende *e* der Steigröhre steht (wie in der Figur). Man mufs möglichst reines Quecksilber anwenden. (Findet zufällig bei irgend einer Gelegenheit ein Verlust an Quecksilber statt, so schadet diefs nichts, so lange nur noch so viel Quecksilber in dem Instrument enthalten ist, dafs man die Compression der Luft in mm_1 bis zur Berührung der Drahtspitze *b* mit dem Quecksilber bewerkstelligen kann).

Wie das nun fertige Instrument auf ein Holztäfelchen befestigt ist, ergiebt sich aus der Zeichnung hinlänglich deutlich.

Fig. 10 Taf. II stellt das Instrument, wie schon bemerkt, in etwa $\frac{2}{3}$ der wirklichen Gröfse dar; kleiner, als in den hieraus folgenden Dimensionen, rathe ich, es nicht zu verfertigen; aber es kann füglich etwas länger ausgeführt werden, ohne dann in der Praxis unbequem zu seyn, so dafs der ganze Apparat eine Länge von etwa 11 bis 12 Pariser Zoll auf $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite erhält.

Die Resultate, welche man mit diesem Instrumente in schnell auf einander folgenden Beobachtungen erhält, stim-



men vollkommen genau unter einander überein. Rathsam ist, in den verschiedenen Operationen den Kolben nicht mit zu verschiedener Schnelligkeit abwärts zu bewegen, sondern sich an ein gleichförmiges Comprimiren zu gewöhnen; weil bei sehr großer Geschwindigkeit des Kolbens das Quecksilber in mm_1 mit einer convexeren Fläche die Oeffnung *e* der Steigröhre abschließt, als bei einer langsamen. Indeß ist dieser Umstand bei der Construction, Fig. 10 Taf. II kaum von merklichem Einfluß.

Um das Quecksilber mit einer Drahtspitze in Berührung zu bringen, sieht man auf diese und zugleich auf ihr in dem Quecksilber sichtbares Spiegelbild. Mit größerer Schärfe treten beide hervor, wenn man nicht directes Licht auf das Instrument fallen läßt, sondern die eine Hälfte des Cylinders mm_1 in der Gegend der Drahtspitzen mit einer losen Hülle weißen Papiers bekleidet.

Die Art, das Instrument zu transportiren, ist äußerst einfach. Das hölzerne Täfelchen, auf welches es befestigt ist, hat etwas größere Dimensionen, als der eigentliche Apparat selbst, so daß es ringsum etwa eine Linie über jeden äußersten Theil des Apparats hinaussteht. Das Täfelchen kann als Deckel auf ein Kästchen gelegt werden (das gleiche Länge und Breite mit ihm hat, und dessen Wände etwa eine Linie dick sind), so daß kein Theil des Instruments gedrückt ist, und läßt sich in dieser Lage durch einige Häkchen befestigen. — Zum Transport stellt man nun den Kolben so hoch, daß das Quecksilber in mm_1 eben unter dem unteren Ende *e* der Steigröhre steht, verschließt das obere Ende *f* derselben mittelst eines Stöpsels aus Kork, und verwahrt nun das Instrument, wie oben angegeben, gegen äußere Beschädigungen. Das Instrument kann so die härtesten Stöße ohne Nachtheil ertragen, und sein Transport erfordert in keiner Weise eine besondere Vorsicht. — Zum Gebrauch nimmt man den Stöpsel aus dem oberen

Ende f der Steigröhre hinweg, schafft das Quecksilber, welches zufällig in die Steigröhre getreten ist, durch Aufwärtsziehen des Kolbens heraus, und bringt durch Umkehren des Instruments und Aufwärtsdrücken des Kolbens alle Luft aus nn_1 und p weg.

Beobachtungen, um über die verschiedene Brauchbarkeit der verschiedenen Constructionen zu entscheiden.

Ueber den Vorzug, welchen die eine der im Vorstehenden erwähnten Constructionen vor der andern verdient, ist die Erfahrung der beste Richter. Was die Construction, Fig. 7 Taf. II, angeht, so habe ich mich schon oben darüber ausgesprochen, daſs sie nicht empfehlenswerth erscheint, und die Gründe, die ich angeführt habe, machen es unnöthig, an speciellen Beobachtungen die Veränderlichkeit eines solchen Instruments nachzuweisen.

Eine strengere Prüfung muſs über den Werth der andern angegebenen Constructionen, Fig. 8, 9 u. 10 Taf. II, entscheiden. Mit solchen Instrumenten habe ich vom November 1841 bis zum März 1842 hier in Gieſsen Beobachtungen angestellt, welche ich um so mehr mittheilen zu müssen glaube, als sie nicht nur über die vorzugsweise Brauchbarkeit der einen oder andern Construction Aufschluſs geben, sondern auch überhaupt ein Urtheil darüber gestatten, was eigentlich ein zweckmäſsig eingerichtetes, abgekürztes Barometer leistet.

Es war durch diese Beobachtungen über zwei Punkte Aufklärung zu suchen; einmal, in wiefern die einzelnen Beobachtungen an den verschiedenen Constructionen genau sind, nämlich mit welcher Genauigkeit bald auf einander folgende Operationen die inzwischen stattgehabte Aenderung des Luftdrucks angeben; und dann, inwiefern sich die verschiedenen Constructionen unveränderlich beweisen, nämlich, ob die im Anfang bestimmten Gröſsen, welche die Relation zwischen den Angaben eines Instru-

ments



(Zu Seite 529.)

Zeit der Beobachtung	/	Abgeleiteter Barometerstand Instrum. I $A\alpha$	Instrum. I $B\beta$	Instrum. II $A\alpha$	Instrum. II $B\beta$	Instrum. III $A\alpha$	Instrum. III $B\beta$	Beobachteter B.-St.
November 1841								
25. 16ʰ V.	–	—	—	331,0	327,9	332,4	330,9	330''',6
- 2 N.	–	—	—	330,2	327,9	329,6	329,9	330 ,0
26. 10 V.	–	—	—	331,0	329,9	332,4	331,4	332 ,5
- 1 N.	–	—	—	331,0	331,9	333,0	331,9	332 ,4
29. 10 V.	–	—	—	328,6	329,9	329,0	328,9	328 ,9
30. 10 V.	–	—	—	327,4	327,9	327,3	326,3	326 ,9
December 1841								
1. 10ʰ V.	–	—	—	328,6	328,9	327,9	328,9	328 ,9
- 2 N.	–	—	—	328,6	328,5	327,9	328,4	328 ,6
2. 10 V.	–	—	—	330,6	331,2	330,2	329,9	330 ,0
- 2 N.	–	—	—	331,0	330,9	329,6	329,9	329 ,7
3. 9 V.	–	—	—	326,6	326,9	327,3	326,9	326 ,8
- 1 N.	–	—	—	326,6	326,9	326,2	326,3	326 ,7
4. 11 V.	–	—	—	328,6	328,5	327,9	328,9	328 ,3
5. 10 V.	–	—	—	332,3	331,9	331,9	331,4	331 ,0
6. 10 V.	79	334,7	334,9	335,5	335,5	334,1	334,4	333 ,6
- 3 N.	79	334,7	336,4	—	—	—	—	333 ,0
7. 10 V.	78	331,4	333,4	331,0	331,9	330,7	330,4	330 ,6
- 1 N.	78	332,2	332,6	331,0	331,9	330,7	330,4	330 ,7
8. 10 V.	78	330,5	330,0	329,0	329,9	329,0	328,9	329 ,6
- 12 M.	77	328,0	328,9	329,0	328,5	327,9	328,4	328 ,3
9. 10 V.	77	327,2	326,2	327,0	327,5	327,3	327,4	327 ,6
- 1 N.	77	327,2	326,6	327,0	327,5	327,9	328,4	327 ,6
10. 10 V.	77	326,7	326,2	326,6	327,5	327,3	327,4	327 ,6
- 1 N.	77	326,3	325,5	326,6	326,9	326,8	326,3	326 ,6
11. 12 M.	77	328,4	328,9	329,0	329,2	329,6	329,9	329 ,6
12. 12 M.	78	330,5	330,4	330,6	330,9	331,4	331,4	330 ,5
13. 10 V.	78	328,8	329,2	329,0	328,9	329,0	329,4	329 ,1
- 2 N.	78	328,8	328,9	328,6	328,9	329,0	329,4	328 ,9
14. 11 V.	77	328,0	328,5	327,4	327,5	327,9	328,4	328 ,0
15. 11 V.	79	333,1	333,4	331,9	332,5	333,6	333,9	334 ,0
- 12 M.	79	333,9	333,8	334,7	334,9	333,6	333,9	333 ,7
16. 11 V.	78	329,3	328,9	331,0	330,5	329,6	329,9	329 ,7
- 1 N.	77	328,4	328,9	329,4	329,2	329,0	329,4	329 ,2
17. 11 V.	77	327,2	326,2	327,4	327,5	327,3	327,4	327 ,6
18. 11 V.	77	327,2	326,2	327,4	327,5	327,3	327,9	327 ,8

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	5,043	1,1259	323,8	322,8	322,5	323,2	324,[illegible]
7	5,034	1,1278	328,4	328,1	327,8	328,9	328,[illegible]
9	5,049	1,1229	332,2	332,3	332,2	331,9	332,[illegible]
5	5,048	1,1222	331,8	331,9	331,9	331,9	333,[illegible]
7	5,045	1,1273	333,5	334,1	333,1	333,5	334,1
3	5,043	1,1239	337,3	338,7	337,1	337,5	338,[illegible]
1	5,041	1,1256	333,9	334,1	332,7	333,5	334,1
1	5,032	1,1275	332,6	333,0	331,5	332,5	333,6
0	5,021	1,1273	337,7	338,3	337,9	337,9	338,7
7	5,040	1,1244	336,4	336,7	—	—	337,5
1	5,031	1,1271	338,6	338,3	338,7	339,2	339,2
2	5,021	1,1256	—	—	—	—	338,7
7	5,047	1,1269	—	—	—	—	335,3
2	5,046	1,1229	—	—	—	—	332,4
2	5,052	1,1263	—	—	—	—	327,9
2	5,035	1,1261	—	—	—	—	328,5
0	5,058	1,1231	—	—	—	—	331,9
0	5,049	1,1231	—	—	—	—	331,9
[illegible]	5,052	1,1227	—	—	—	—	333,0



ments und dem wahren Barometerstand ausdrücken, auch nach längerem Gebrauch noch ganz mit derselben Richtigkeit anwendbar sind. — Die Anstellung und Berechnung der Beobachtungen (ich glaube von diesen keine einzige auslassen zu dürfen) nahm demgemäſs folgenden Gang:

Eine erste Reihe von Beobachtungen (im November und Dezember 1841) wurde an Instrumenten von der Construction Fig. 8 Taf. II (ein solches Instrument will ich im Folgenden mit I bezeichnen), Fig. 9 Taf. II (Instrument II), Fig. 10 Taf. II (Instr. III) angestellt. Beobachtet wurde an jedem die Quecksilberhöhe, welche die Compression bis zur unteren Drahtspitze a, und die, welche die Compression bis zur oberen Drahtspitze b ergab. Unter A und B sind in der folgenden Tabelle I die zur angegebenen Zeit beobachteten Quecksilberhöhen (bereits um den Abstand jeder Drahtspitze von dem Nullpunkt der Skale corrigirt) in Theilen der (bei jedem Instrument willkührlich getheilten) Skale angegeben. Hieraus ergiebt sich zunächst für jedes Instrument der Werth $\frac{B}{A}$ (vergl. oben, wo von der Controle die Rede war); eine Vergleichung der beobachteten Quecksilberhöhen mit dem an einem Heberbarometer zur Zeit der Beobachtung abgelesenen (in der letzten Columne der Tabelle in Pariser Linien angegebenen) Barometerstand [1]) lehrt weiter für jedes Instrument die Coëfficienten α und β kennen.

(Siehe die beigegebene Tabelle I.)

Für jedes Instrument zeigt die Uebereinstimmung der aus den verschiedenen Beobachtungen gefundenen Werthe für α, β und $\frac{B}{A}$ die Genauigkeit, mit welcher man an ihm

1) Reduction der verschiedenen Höhen auf irgend eine bestimmte Normaltemperatur war nicht nöthig, weil für das Quecksilber in den abgekürzten Barometern und in dem Normalbarometer dieselbe Temperatur vorauszusetzen war.

beobachten kann. Im Mittel aus allen Resultaten findet man für

Instrum. I.	Instrum. II.	Instrum. III.
$\alpha=4{,}216$	$\alpha=4{,}052$	$\alpha=5{,}673$
$\beta=3{,}780$	$\beta=3{,}342$	$\beta=5{,}044$
$\frac{B}{A}=\frac{\alpha}{\beta}=1{,}1156$	$\frac{B}{A}=\frac{\alpha}{\beta}=1{,}2124$	$\frac{B}{A}=\frac{\alpha}{\beta}=1{,}1247$

Es fragt sich nun, wie grofs ist die Genauigkeit jeder dieser Constructionen; in wiefern giebt jede derselben die Veränderungen des Barometerstandes richtig an? Um hierüber zu entscheiden, braucht man nur die einzelnen für jedes Instrument erhaltenen α oder β oder $\frac{B}{A}$ unter sich, oder mit den im Mittel gefundenen Werthen zu vergleichen. Liefsen alle Instrumente vollkommen genaue Beobachtungen zu, so müfste sich $\alpha, \beta, \frac{B}{A}$ für jedes Instrument aus allen einzelnen Beobachtungen identisch ergeben. (Eine Aenderung des wahren Werthes dieser Constanten wäre nur durch die Möglichkeit einer Veränderung des ganzen Instruments bedingt, die um so weniger anzunehmen ist, als keiner der Apparate irgend einer Art von Erschütterung ausgesetzt war; auch zeigt in der obigen Reihe von Beobachtungen kein Instrument eine erlittene Veränderung durch eine *regelmäfsige* Aenderung der Constanten an). — Je gröfser bei einem Instrumente die Differenzen unter diesen Gröfsen sind, um so ungenauere Angaben liefert im Allgemeinen die Construction desselben. Aber die Bestimmung dieser Differenzen unter α oder β oder $\frac{B}{A}$ giebt keinen klaren Begriff, wie grofs dann der Einflufs der Ungenauigkeit jeder Construction für die wirkliche Anwendung ist; deutlicher wird diefs, wenn man für jedes Instrument durch Multiplication der oben im Mittel bestimmten α und β mit den unmittelbaren Beobachtungen die diesen zugehörigen Baro-

meterstände ableitet. Es ist dieses in der obigen Tabelle I unter den Columnen „abgeleiteter Barometerstand“ [1]) geschehen, und eine Vergleichung mit dem wirklich stattgehabten Barometerstande läfst über die Genauigkeit der Angaben jeder Construction entscheiden.

Da für jedes Instrument die Coëfficienten α und β im Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen abgeleitet wurden, so müssen sich bei jedem Instrumente die Unrichtigkeiten der einzelnen Beobachtungen compensiren; d. h. das Mittel aus sämmtlichen abgeleiteten Barometerständen für die sämmtlichen zusammengehörigen Beobachtungen an Einer Drahtspitze Eines Instruments stimmt mit dem Mittel der am Normalbarometer abgelesenen Barometerstände überein. Wir müssen die Abweichungen der abgeleiteten Barometerstände von den wirklich stattgehabten für die einzelnen Beobachtungen bestimmen (wobei wir ganz vernachlässigen können, ob die Abweichungen positiv oder negativ sind), um die verschieden grofsen Gränzen der Beobachtungsfehler zu finden, welche die verschiedenen Constructionen zulassen.

Führt man eine solche Vergleichung durch, so erhält man folgende Resultate:

Instrument I. Bei den 21 an der Drahtspitze *a* angestellten Beobachtungen differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten

4 mal um mehr als 1 Linie (1''',1 bis 1''',7)
6 - - - - ½ - (0 ,5 - 0 ,9)
11 - - weniger - ½ - (0 ,0 - 0 ,4)

Bei den 21 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen aber:

2 mal um mehr als 2 Linien (2''',8 und 3''',4)
8 - - - - 1 Linie (1 ,0 bis 1 ,9)
5 - - - - ½ - (0 ,5 - 0 ,7)
6 - - weniger - ½ - (0 ,0 - 0 ,4)

1) In den Ueberschriften dieser Columnen bedeutet also α und β die *im Mittel* dafür gefundenen Werthe.

Man ersieht, dafs eine einzelne Beobachtung mit diesem Instrument den Barometerstand kaum auf Eine Linie sicher angiebt. Die Beobachtungen an der Drahtspitze *a* zeigten sich genauer, als die an der Spitze *b* angestellten; es kommt diefs von Zufälligkeiten her, dafs z. B. die eine Drahtspitze ungünstiges Licht hat und dem Auge schlecht begränzt erscheint u. s. w. — Die Genauigkeit, welche eine solche Construction gewährt, ist jedenfalls für die praktische Anwendung nicht hinreichend; fassen wir alle Beobachtungen zusammen, so geben kaum $\frac{2}{3}$ derselben den Barometerstand auf Eine Linie genau.

Instrument II. Die Genauigkeit dieser Construction geht etwas weiter. Bei den 34 an der Drahtspitze *a* angestellten Beobachtungen, differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten

1 mal	um mehr als	2 Linien	(2‴,1)
8 -	- - -	1 Linie	(1 ,0 bis 1 ,9)
8 -	- - -	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,5 - 0 ,7)
17 -	- weniger -	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,0 - 0 ,4)

und bei den 34 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen:

3 mal	um mehr als	2 Linien	(2‴,1 bis 2‴,7)
9 -	- - -	1 Linie	(1 ,0 - 1 ,9)
4 -	- - -	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,5 - 0 ,9)
18 -	- weniger -	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,0 - 0 ,4)

Die Genauigkeit dieser Construction zeigt sich von der der vorhergehenden nicht viel verschieden. Auch hier geben $\frac{2}{3}$ aller Beobachtungen den Barometerstand bis auf Eine Linie und weniger, genau, die Hälfte etwa bis auf $\frac{1}{2}$ Linie.

Instrument III. Dieses gewährt eine weit gröfsere Genauigkeit. Bei den 34 Beobachtungen, welche an der Drahtspitze *a* angestellt wurden, differirt der daraus abgeleitete Barometerstand von dem wirklich stattgehabten:

1 mal um mehr als 1 Linie (1''',8)
5 - - - - ½ - (0 ,6 bis 0 ,9)
28 - - weniger - ½ - (0 ,0 - 0 ,5)
(und zwar 15 mal um 0''',2 und weniger)

und bei den 34 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen:

1 mal um mehr als 1 Linie (1''', 1)
5 - - - - ½ - (0 ,6 bis 0 ,9)
28 - - weniger - ½ - (0 ,0 - 0 ,5)
(und zwar 18 mal um 0''',2 und weniger).

Von allen angestellten Beobachtungen geben ⅚ derselben den Barometerstand auf ½ Linie richtig an, die Hälfte auf 0,2 Linien. Selbst bei einer einzelnen Beobachtung auf mehr als 1 Linie zu fehlen, ist bei dieser Construction nach kurzer Uebung wohl nie zu fürchten; der Eine Fall, wo diefs in den obigen Beobachtungen statt hatte, kam ganz im Anfang der Beobachtungen vor, und an einem abgekürzten Barometer zu operiren, erfordert immer einige Uebung. Die Genauigkeit dieser Construction ist sicher nicht zu hoch angeschlagen, wenn man sie im Allgemeinen dahin bestimmt, dafs die Angaben des Instruments den Barometerstand auf ½ Linie genau geben, und es scheint mir somit durch diese Construction, in Hinsicht auf Genauigkeit der Angaben, Alles geleistet zu seyn, was man von einem abgekürzten Barometer erwarten kann.

Es bleibt aber noch übrig, hinsichtlich der zweiten Hauptbedingung einer brauchbaren Construction zu entscheiden, nämlich bei welchem Instrumente noch in langer Zeit und nach stetem Gebrauche die Berechnung der Beobachtungen mittelst des früher bestimmten Coëfficienten den Barometerstand innerhalb derjenigen Gränzen mit dem wahren übereinstimmend angiebt, welche nach der Construction für Beobachtungsfehler möglich sind.

Zum Behuf dieser letztern Prüfung wurden die Instrumente, wie oben angegeben, zum Transport vorge-

richtet, und nun starken Erschütterungen unterworfen, auf kürzern Reisen mitgenommen, auf längern Strecken mit der Post verschickt u. s w. Es wurde alsdann eine neue Reihe von Beobachtungen (im Januar bis März 1842) damit angestellt, deren Resultate, ähnlich wie vorhin geordnet, in der folgenden Tabelle II enthalten sind (A u. B sind wieder die unmittelbaren Beobachtungen, α u. β in den Columnen, Instrum. I bis III, die Coëfficienten durch Division dieser Beobachtungen in den wirklich stattgehabten Barometerstand abgeleitet).

(Siehe Tabelle II.)

Es ist leicht aus diesen Beobachtungen zu bestimmen, ob durch die stattgehabten Erschütterungen ein Instrument sich so verändert hat, dafs um aus seinen nunmehrigen Angaben den wahren Barometerstand abzuleiten, die früher gefundenen Coëfficienten nicht mehr scharf anwendbar sind. Je weniger ein Instrument sich durch die Erschütterungen und den längeren Transport verändert hat, um so genauer müssen die Coëfficienten α u. β, und ebenso $\frac{B}{A}$, welche sich aus der zweiten Reihe von Beobachtungen ergeben, mit denjenigen Werthen übereinstimmen, welche wir aus der ersten Reihe von Beobachtungen dafür fanden. Aus der Tabelle II nun ergiebt sich im Mittel (verglichen mit den früher aus Tabelle I im Mittel erhaltenen Resultaten)

	für Instrum. I.	Instrum. II.	Instrum. III
α	4,225 (früh. 4,216)	4,066 (früh. 4,052)	5,673 (früh. 5,673)
β	3,785 (- 3,780)	3,347 (- 3,342)	5,042 (- 5,044)
$\frac{B}{A}=\frac{\alpha}{\beta}$	1,1160 (- 1,1156)	1,2148 (- 1,2124)	1,1252 (- 1,1247)

Wir sehen sogleich, dafs durch die Erschütterungen bei den Instrumenten I und II eine gleichartige Veränderung stattgefunden hat; die Coëfficienten ergeben sich aus der zweiten Reihe von Beobachtungen merklich gröfser, als sie aus der ersten gefunden waren. (Bei dem

Instrument II finden wir diese Veränderung auch durch die Differenz der spätern Bestimmung der Gröfse $\frac{B}{A}$ von der frühern deutlich angezeigt; bei den andern Instrumenten ist der Werth hierfür zu nahe $= 1$, als dafs man sich seiner zur Controle der Unveränderlichkeit mit Sicherheit bedienen könnte.) Für das Instrument III hingegen finden wir die Coëfficienten entweder vollkommen genau mit den frühern Resultaten übereinstimmend, oder doch nur äufserst wenig davon abweichend; und diese Construction, die sich schon vorhin, was die Genauigkeit einzelner bald hintereinander angestellter Beobachtungen betrifft, als die vorzüglichste zeigte, bewährt sich nun auch für den längeren Gebrauch als die unveränderlichste.

Um näher zu zeigen, welchen Einflufs eine Veränderung des Instruments auf die Richtigkeit der damit angestellten Beobachtungen hat, wollen wir untersuchen, in wiefern man von der Wahrheit abweichende Resultate aus den in Tabelle II enthaltenen Beobachtungen erhalten hätte, wenn sie nach den früher, in der ersten Versuchsreihe, bestimmten Coëfficienten berechnet worden wären. In den Columnen der Tabelle II „abgeleiteter Barometerstand" ist diese Rechnung ausgeführt; in den Ueberschriften dieser Columnen bedeuten also α und β die aus der *ersten* Beobachtungsreihe (Tabelle I) im Mittel gefundenen Coëfficienten. Wir wollen diese abgeleiteten Barometerstände im Allgemeinen mit den wirklich stattgehabten vergleichen.

Instrument I. Die Beibehaltung der frühern Coëfficienten hätte das Mittel der Barometerstände an den 16 Beobachtungstagen ergeben

aus den Beobachtungen an der Drahtspitze *a* zu 333''',4
- - - - - *b* - 333 ,6

während dafs sich aus den zugehörigen Beobachtungen am Normalbarometer 334''',1 als die richtige Zahl ergiebt.

Instrument II. Hier ergäbe die Beibehaltung der frü-

rometer, aus denen dafür 333,9 fo

Bei beiden Instrumenten, I un
brauch der zuerst bestimmten Coë
nung der spätern Beobachtungen z
mern Anlafs geben können; die
achtungsreihe abgeleiteten Coëffici
zweite nicht mehr mit Gültigkeit g

Bei dem *Instrumente* III hingeg
die früheren Beobachtungen aufge
auch für alle späteren ihre Anwend
nung der Beobachtungen in Tabell
den Versuchen der Tabelle I abgel
giebt das Mittel der Barometerstände
tungstagen

aus den Beobachtungen an der Drah

übereinstimmend mit dem Resultate
zugehörigen Beobachtungen am Norm
tel ergeben.

Das mittlere B



2 mal um mehr als 1 Linie					(1''',0 und 1,3)
4	-	-	-	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,8 - 0,9)
18	-	- weniger	-	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,0 - 0,4)

und bei den 24 an der Drahtspitze *b* angestellten Beobachtungen

2 mal um mehr als 1 Linie					(1''',6)
6	-	-	-	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,6 bis 0,9)
16	-	- weniger	-	$\frac{1}{2}$ -	(0 ,0 - 0,5)

Die Differenzen stellen sich noch kleiner heraus, wenn man aus den Resultaten der zusammengehörigen Beobachtungen an *a* und *b* das Mittel nimmt, und diefs mit dem wirklich stattgehabten Barometerstand vergleicht.

Die im Vorstehenden enthaltenen Erfahrungen scheinen mir genügend, um über die beste Construction des abgekürzten Barometers entscheiden zu lassen, und zugleich ein Urtheil zu gestatten, welchen Grad von Brauchbarkeit man überhaupt von dem abgekürzten Barometer erwarten kann, und in wiefern es allgemeinere Anwendung verdient.

Die Construction III (Fig. 10 Taf. II) ist diejenige welche nun allen Anforderungen, die man an ein Instrument dieser Art stellen kann, vollkommen genügt.

Die Verfertigung eines solchen Instruments ist einfach und leicht; sein Transport erfordert weder besondere Vorsicht, noch macht er den Reisenden sonst die kleinste Beschwerlichkeit; man kann es Tagelang in der Rocktasche mit sich führen, ohne dafs es irgendwie die geringste Unbequemlichkeit verursacht; es ist klein und leicht; es ist dauerhaft, denn wie mich eigne Erfahrungen belehrten, hält es Erschütterungen und Stöfse (z. B. beim Ausgleiten und Herabstürzen von bedeutenden Höhen) ohne Nachtheil aus, wobei jedes Barometer von ge-

wöhnlicher Länge unfehlbar zertrümmert würde.[1]) Ein solches Instrument eignet sich also namentlich für Excursionen, bei denen Höhenbestimmungen nicht zunächst beabsichtigt sind, oder wo über anzustellende Höhenmessungen noch kein bestimmter Plan vorliegt; wo es zweifelhaft ist, ob irgend ein Punkt sich biete, dessen Höhe kennen zu lernen von Interesse ist, oder wo man über die Natur der einzuschlagenden Wege noch in Ungewifsheit ist u. s. w. Auf solche Excursionen nimmt man nicht leicht ein Reisebarometer von gewöhnlicher Länge mit, als dessen Sklaven bei dem Transport (falls es ein gutes Instrument ist) man sich doch immer betrachten kann; man nimmt es nur dann mit, wenn man die feste Absicht hat, eine Höhenbestimmung auszuführen, aber die Nothwendigkeit solcher Bestimmungen, die Gelegenheit

1) Die Vortheile eines abgekürzten Barometers, welches durch den Transport keine Beschädigungen erleiden kann, zeigen sich besonders, wenn man sich an die Fälle erinnert, wo Höhenbestimmungen unterlassen werden mufsten, weil die Reisebarometer (von gewöhnlicher Construction) zerbrochen waren. Selbst den geübtesten Händen anvertraut, sind diese letzteren Instrumente nicht vollkommen zuverlässig, indem man bei Transport auf schwierigem Terrain nie mit Sicherheit darauf rechnen kann, sie unversehrt zu erhalten. Ein neueres Beispiel lieferte die Besteigung der Jungfrau durch Agassiz, Forbes u. m. a. im vorigen Jahre, wo keine Höhenmessung angestellt werden konnte, weil während der letzten Tage vor der Besteigung von den vier Reisebarometern der Gesellschaft drei zerbrochen worden waren und in das vierte Luft eingedrungen war. — Mehr indefs noch als von derartigen einzelnen, obgleich an sich interessanten Bestimmungen, hat wohl die Wissenschaft zu erwarten, wenn durch Erleichterung der Mittel, solche Bestimmungen vorzunehmen, mehr Höhenmessungen mit botanischen, mineralogischen und ähnlichen Excursionen verbunden werden; wenn man nicht hauptsächlich der Höhe solcher Orte, die durch ihre äufsere Configuration ausgezeichnet sind, Aufmerksamkeit schenkt, sondern recht zahlreiche Bestimmungen anstellt, bis zu welcher Höhe gewisse Naturproducte in bestimmter Form vorkommen. In dieser Beziehung namentlich scheint mir das abgekürzte Barometer seiner leichten Transportirbarkeit halber von Nutzen werden zu können.



dazu, läfst sich nicht immer voraussehen, und wichtige Erfahrungen sind defshalb gewifs schon in Menge der Wissenschaft entgangen. Ein abgekürztes Barometer aber kann man stets bei sich haben; ist eine Höhenbestimmung von Interesse, so hat man die Mittel dazu bei der Hand; war gar keine vorzunehmen, so hat das Mitnehmen des Instruments keine Unbequemlichkeit hervorgebracht und keiner andern Untersuchung ein Hindernifs in den Weg gelegt.

Die Angaben des Instruments lassen sich mit Leichtigkeit, in sehr kurzer Zeit, erhalten. Leicht ist überall eine Vorrichtung zum beobachten hergestellt, sei es auch nur durch einen in den Boden eingetriebenen Stock, an dem sich ein Haken befestigen läfst, wo man dann das Instrument, nach Angabe eines Senkels, senkrecht hängen kann.

Die Angaben des abgekürzten Barometers sind für den Zweck der Höhenbestimmung hinlänglich genau. Die Construction III giebt den Barometerstand mit Sicherheit auf ½ Linie genau, wenn man die Beobachtungen einigemal wiederholt. Es reicht diefs für die meisten Fälle aus, denn andere Umstände sind bekanntlich bei Höhenmessungen noch aufserdem von Einflufs, die nur unvollkommen in Rechnung gezogen werden können, und welche die Resultate in einer weiteren Gränze unsicher machen, als der Ungenauigkeit der Angaben unseres Instruments entspricht.[1])

1) Die meisten Höhenbestimmungen, namentlich in einzelnen Zusammenstellungen, sind mit einer Genauigkeit angegeben, die nur auf dem Papiere existirt; wo es sich darum handelt, um wieviel z. B. eine Stadt höher liegt, als eine andere, ist die Angabe bis auf Zehntheile eines Fufses beinahe ebenso lächerlich zu nennen, als wenn man den Horizontalabstand zweier bewohnten Orte in Zollen angeben wollte. Diese übermäfsig exacten Zahlen sind meist durch Reduction auf andere Maafse erhalten worden; aber offenbar ist die allgemeine Angabe: ein Ort liegt 343 Toisen höher als ein anderer, nicht gleichbedeutend mit der Bestimmung dieses Höhenunterschieds zu 2058

Ein abgekürztes Barometer kann nie ein Barometer von gewöhnlicher Länge vollständig ersetzen, denn seine Angaben stehen denen des letzteren stets an Genauigkeit nach; aber in vielen Fällen wird doch das erstere mit ausnehmendem Vortheil für die Wissenschaft angewendet werden können. Das Barometer von gewöhnlicher Construction macht, vermöge seiner gröfseren Genauigkeit, das abgekürzte Barometer eben so wenig unnöthig, als der genauere Theodolith den Sextanten oder selbst die Winkelbussole nutzlos macht, oder als die gröfsere Genauigkeit der vollkommneren Chronometer den Gebrauch der minder genauen Uhren zu wissenschaftlichen Zwecken gänzlich ausschliefst.

Pariser oder 2115,4 Wiener Fufs, ob man gleich die Beziehungen zwischen diesen verschiedenen Maafsen genau kennt; ebenso wenig als man statt der Angabe: ein Ort liegt Eine preufsische Meile von einem anderen entfernt, mit gleicher Richtigkeit den Abstand zu 23113,0 Par. Fufs setzen kann. Es liegt so nahe, durch die Art eine Gröfse auszudrücken, auch zugleich die Genauigkeit anzudeuten, die man der Bestimmung dieser Gröfse zutraut. Bei Beobachtungen, wo durch genauen Calcül die Fehlergränze bestimmt wird, ist dieses Festhalten an der Art der Bezeichnung nicht so nothwendig, aber bei vielen Angaben leidet die Brauchbarkeit sehr durch planlose Ziffernanzahl. Ich habe schon früher (dies. Annalen, Bd. LII, S. 261) hierauf aufmerksam gemacht, und der Gegenstand scheint mir wichtig genug, um darauf zurückzukommen. — Das Decimalsystem giebt das beste Mittel ab, die Gränzen der Zuverlässigkeit einer Beobachtung anzudeuten, wenn man durch die Anzahl der Decimalstellen die Genauigkeit ausdrückt. Viele aber, und namentlich viele Sammler von Beobachtungen, sehen es für vollkommen gleichgültig an, ob man z. B. die Dichtigkeit eines Körpers durch, 2 oder durch 2,0, oder durch 2,000 u. s. f. angiebt. Aber die Angabe 2 bedeutet, dafs nach den Beobachtungen die Dichtigkeit des fraglichen Körpers zwischen 1,5 und 2,5 fällt; die 2,000 hingegen, dafs sie zwischen 1,995 und 2,005 fällt. Würde man sich über diese Bezeichnungsart vereinigen, so könnte man die Angaben besser benutzen als jetzt, wo in den meisten Fällen die näheren Data nicht angegeben sind, und nur der Name des Beobachters ein Urtheil gestattet; alle Angaben werden an Brauchbarkeit gewinnen, ohne an Werth zu verlieren, wenn der unnöthige Luxus wegfällt, den man so oft bei Rechnungen und namentlich bei Reductionen mit Decimalstellen treibt.



Auf gröfseren Expeditionen wird man wohl thun, öftere Beobachtungen am abgekürzten Barometer gleichzeitig mit solchen an einem gewöhnlichen Reisebarometer vorzunehmen, um so die Gränzen der Uebereinstimmung zwischen beiden Instrumenten fortdauernd im Auge zu behalten und urtheilen zu können, welchen Grad von Genauigkeit man den aus den ersteren erhaltenen Resultaten beilegen kann.

II. *Versuch einer inductorischen Entwicklung der Undulationstheorie; von Dr. E. Schmid.*

Privatdocent an der Universität zu Jena.

(Fortsetzung von S. 406.)

II. Lichtfortpflanzung.

§. 9.

Für die Betrachtungen der vorigen §§. genügte es, nachgewiesen zu haben, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine gleichförmige sey; ihr absoluter Werth war gleichgültig. Jetzt soll der Umstand mit in Frage gezogen werden, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, so wie auch die Polarisation in vielen durchsichtigen Mitteln abhängig ist von der Richtung der Strahlen, dafs sich diese Richtung und zugleich die Polarisation ändern kann beim Uebergange eines Strahles aus einem Mittel in ein anderes. Die Gesetze dieser Erscheinungen sollen für 2axig doppelt brechende Mittel erörtert werden; denn es wird sich zeigen, dafs die für diesen Fall gültigen Ausdrücke die allgemeinsten sind, und diejenigen für die anderen Fälle mit umfassen. Die Erfahrungssätze, an die sich der mathematische Ausdruck hier anknüpfen mufs, sind übrigens nicht alle vollständig und streng erwiesen.

A. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen.

§. 10.

1) Durch Beugungsversuche, deren Gesetze aus §. 7 entwickelt werden können, haben Arago und Fresnel bewiesen, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Mittel im umgekehrten Verhältnisse des jedesmaligen Brechungsexponenten stehe. Gegen diesen Satz läfst sich von keiner Seite her ein Zweifel erheben.

2) Jede Richtung im Innern eines 2axigen Krystalles wird von 2 Strahlenarten verfolgt, von sogenannten ordentlichen und aufserordentlichen Strahlen. Diese Strahlen haben verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten (v u. v'), die durch folgendes Gesetz mit einander verknüpft sind

$$\frac{1}{v'^2} - \frac{1}{v^2} = C \sin.u. \sin u' \quad . \; . \; . \; . \; . \; (14)$$

wobei C eine constante Gröfse, u u. u' die Winkel bezeichnen, unter denen die den Strahlen gemeinschaftliche Richtung gegen die Axen der konischen Brechung geneigt ist.

Diefs Gesetz wurde bekanntlich zugleich von Biot und Brewster aufgestellt, aber von beiden nicht rein erfahrungsmäfsig erfunden und keiner allseitigen Prüfung unterworfen. Auch bezogen beide Physiker die Winkel u u. u' nicht auf die später erst erkannten Axen der konischen Brechung, sondern auf die optischen Axen; allein die Divergenz beider Richtungen ist in den meisten Fällen so klein, dafs sie für den Versuch als zusammenfallend angesehen werden können.

3) In einem 2axigen Krystalle lassen sich 3 Ebenen (Hauptschnitte) auffinden, in denen der eine senkrecht gegen sie polarisirte Strahl eine constante Geschwindigkeit behält. Diese Ebenen schneiden sich unter rechten Winkeln, ihre Durchschnitte sind die sogenannten Elasticitäts- oder Polarisations-Axen, die wir in der Folge auch als Coordinat-Axen annehmen werden. Die constanten Geschwindigkeiten mögen heifsen μ, ν, π; μ entspreche



der kleinsten Geschwindigkeit, π der gröfsten; der Hauptschnitt, in dem μ oder ν oder π constant bleibt, sey die Ebene XY, od. XZ, od. YZ. Ein Strahl in der Ebene XY, der ihr parallel polarisirt ist, hat in der Axe Y die Geschwindigkeit π, und wird um so langsamer, je mehr er sich in der Ebene XY gegen die Axe X neigt; in dieser Axe erreicht er die Geschwindigkeit ν. In der Ebene YZ hat ein ihr parallel polarisirter Strahl in der Richtung der Axe Y die Geschwindigkeit μ, seine Geschwindigkeit wächst mit der Neigung gegen die Axe Z bis ν. Endlich in der Ebene XZ hat ein ihr parallel polarisirter Strahl in der Richtung der Axe X die Geschwindigkeit μ, also eine kleinere als ν, in der Richtung der Axe Z die Geschwindigkeit π, also eine gröfsere als ν, für die Zwischenlagen geht die Geschwindigkeit stetig von μ auf π über, mufs also für irgend eine Richtung auch den Werth ν annehmen. In dieser Zwischenrichtung hätte der senkrecht und parallel zur Ebene XZ polarisirte Strahl gleiche Geschwindigkeit; wir bezeichnen dieselbe mit dem Namen „Axe der konischen Brechung", und ihre Neigung gegen die Axe Z mit n.

Die letzten Sätze sind erfahrungsmäfsig freilich nur an einer beschränkten Anzahl 2axiger Mittel vollständig geprüft worden; indessen ist diefs mit gröfster Schärfe und Genauigkeit von Rüdberg am Arragonit geschehen.

§. 11.

Vereinigen wir zuerst §. 10, 1 und 2 mit einander, so erhalten wir einen schärferen Ausdruck für Formel 14. Für die Richtung der Axe Y ist nämlich:

$$v=\pi;\ v'=\mu;\ u=u'=90^0$$

folglich

$$\frac{1}{\mu^2}-\frac{1}{\pi^2}=C$$

und

$$\frac{1}{v'^2}-\frac{1}{v^2}=\left(\frac{1}{\mu^2}-\frac{1}{\pi^2}\right)\sin u.\sin u' \quad . . . (15)$$

Ferner für die Richtung der Axe Z ist

$$v=\pi;\ v'=\nu;\ u=u'=n$$

daher: $\frac{1}{\nu^2}-\frac{1}{\pi^2}=\left(\frac{1}{\mu^2}-\frac{1}{\pi^2}\right)\sin^2 n$

und

$$\sin^2 n=\frac{\mu^2}{\nu^2}\left(\frac{\pi^2-\nu^2}{\pi^2-\mu^2}\right) \ldots\ldots\ldots (16)$$

Endlich in Richtung der Axe X

$$v=\nu;\ v'=\mu;\ u=90^\circ+n;\ u'=90^\circ-n,$$

folglich:

$$\frac{1}{\mu^2}-\frac{1}{\nu^2}=\left[\frac{1}{\mu^2}-\frac{1}{\pi^2}\right]\cos^2 n$$

$$\cos^2 n=\frac{\pi^2}{\nu^2}\left[\frac{\nu^2-\mu^2}{\pi^2-\mu^2}\right] \ldots\ldots\ldots (17)$$

Setzt man der Kürze wegen

$$\frac{1}{v^2}=t;\ \frac{1}{v'^2}=t';\ \frac{1}{\mu^2}=f;\ \frac{1}{\nu^2}=g;\ \frac{1}{\pi^2}=h, \ldots\ldots (18)$$

so verwandeln sich Formel 15, 16 und 17 in:

$$t'-t=(f-h)\sin u.\sin u' \ldots\ldots (19)$$

$$\sin^2 n=\frac{g-h}{f-h} \ldots\ldots\ldots\ldots (20)$$

$$\cos^2 n=\frac{f-g}{f-h} \ldots\ldots\ldots\ldots (21)$$

Da t und t' abhängen von u und u', so kann man die ersteren Gröfsen als Functionen der letzteren ansehen:

$$t=f(u,u')=f(U)$$
$$t'=f'(u,u')=f'(U').$$

Soll aber $f(U)$ und $f'(U')$ also auch U und U' in gewissen Fällen constant werden, so müssen in denselben entweder u und u' selbst constant werden, oder doch wenigstens so mit einander verknüpft seyn, dafs ihre Verbindung einen constanten Werth erhält. Die Form dieser Verbindung läfst sich aus folgender Zusammenstellung errathen:

U

U wird constant
in der Ebene YZ, in welcher ist $u = u'$, mithin

$$u - u' = Const.$$

in der Ebene XZ, zwischen den Schenkeln des Winkels XCB, wofür $u = 2n + u'$ mithin

$$u - u' = 2n = Const.$$

U' wird constant
in der Ebene XY, in welcher ist $u = 180 - u'$, folglich:

$$u + u' = Const.$$

in der Ebene XZ, zwischen den Schenkeln des Winkels BCZ, wofür $u = 2n - u'$ mithin

$$u + u' = 2n = Const.$$

Wir schliefsen hieraus, dafs U und U' entweder gleich $u - u'$ und $u + u'$ sind, oder sich doch wenigstens in den eben besprochenen Fällen auf diese Gröfsen reduciren lassen. Weiter führt uns vor der Hand keine Erfahrung; wir wählen defshalb unter beiden möglichen Annahmen die mathematisch einfachste, und setzen

$$U = u - u'; \quad U' = u + u'.$$

Die mathematische Induction bleibt hier freilich eine unvollständige, hat aber ihrer Einfachheit wegen schon einen höheren Grad von Wahrscheinlichkeit, und führt, wie wir später sehen werden, zu den sonderbaren Folgerungen der konischen Brechung, die durch den Versuch auf das Ueberraschendste bestätigt worden sind. Rechnen wir nun unter der Annahme

$$t = f(u - u'); \quad t' = f'(u + u')$$

weiter, so haben wir für die Richtung CB in der Ebene XZ nach dem Obigen:

$$t = f(2n) = g; \quad t' = f'(2n) = g,$$

und daraus ergiebt sich sogleich, dafs in t und t' die Functionsformen dieselben seyn müssen, d. h., dafs:

$$t = f(u - u'); \quad t' = f(u + u').$$

Entwickeln wir beide Functionen:

$$f(u - u') = f(u) - \frac{df(u)}{du}\frac{u'}{1} + \frac{d^2 f(u)}{du^2}\frac{u'^2}{1.2.} - \frac{d^3 f(u)}{du^3}\frac{u'^3}{1.2.3} + \ldots$$

$$f(u + u') = f(u) + \frac{df(u)}{du}\frac{u'}{1} + \frac{d^2 f(u)}{du^2}\frac{u'^2}{1.2.} + \frac{d^3 f(u)}{du^3}\frac{u'^3}{1.2.3} + \ldots$$

so wird

$$f(u+u')-f(u-u')=2\left\{\frac{df(u)}{du}\frac{u'}{1}+\frac{d^3f(u)}{du^3}\frac{u'^3}{1.2.3}+\ldots\right\}=t'-t.$$

Und nach Gleichung 19, wenn wir $\sin u'$ nach u' in eine Reihe entwickeln

$$(f-h)\sin u.\sin u'=(f-h)\sin u\left\{\frac{u'}{1}-\frac{u'^3}{1.2.3}+\frac{u'^5}{1\ldots5}-\ldots\right\}=t'-t$$

daher

$$2\frac{df(u)}{du}=(f-h)\sin u$$

$$2\frac{d^3f(u)}{du^3}=-(f-h)\sin u$$

$$2\frac{d^5f(u)}{du^5}=(f-h)\sin u$$

u. s. f.

wird hier integrirt; so ergiebt sich:

$$f(u)\quad=C-\frac{f-h}{2}\cos u$$

$$f(u+u')=C-\frac{f-h}{2}\cos(u+u')=t'$$

$$f(u-u')=C-\frac{f-h}{2}\cos(u-u')=t.$$

Die Integretions-Constante C finden wir durch Betrachtung eines einzelnen Falles; für die Ebene XY (Taf. III Fig. 4) ist nämlich

$$t'=f=C-\frac{f-h}{2}$$

oder

$$C=\frac{f+h}{2}$$

daher

$$t'=\frac{f+h}{2}-\frac{f-h}{2}\cos(u+u')$$

$$t=\frac{f+h}{2}-\frac{f-h}{2}\cos(u-u')$$

oder wenn wir beide Größen t und t' unter dem gemeinsamen Zeichen t begreifen

$$t=\frac{f+h}{2}-\frac{f-h}{2}\left\{\cos u.\cos u'\mp\sin u.\sin u'\right\}\ldots(22)$$

$$t=\frac{f+h}{2}$$
$$-\frac{f-h}{2}\left\{\cos u.\cos u'\mp\sqrt{1+\cos^2 u.\cos^2 u'-\cos^2 u-\cos^2 u'}\right\}$$

daher
$$\left\{1+\frac{f-h}{2t}\cos u.\cos u'-\frac{f+h}{2t}\right\}^2$$
$$=\frac{(f-h)^2}{4t^2}\left\{1+\cos^2 u.\cos^2 u'-\cos^2 u-\cos^2 u'\right\}$$

und ordnet man dies nach $\frac{1}{t}$:

$$\frac{1}{t^2}\left\{fh+\frac{(f-h)^2}{4}(\cos^2 u+\cos^2 u')-\frac{f^2-h^2}{2}\cos u.\cos u'\right\}$$
$$-\frac{1}{t}\left\{f+h-(f-h)\cos u.\cos u'\right\}+1=0$$

In dieser Gleichung führe man für die Winkel u und u' die Neigung der Strahlenrichtung (α,β,γ) und der Axen konischer Brechung $(90^\circ\pm n, 90^\circ, \mp n)$ gegen die Coordinataxen X, Y, Z ein. Man hat nämlich

$$\cos u=-\cos\alpha.\sin n+\cos\gamma.\cos n.$$
$$\cos u'=+\cos\alpha.\sin n+\cos\gamma.\cos n.$$

und wenn man aus Gl. (20) und (21) für $\cos n$ und $\sin n$ die Werthe einsetzt

$$\cos u.\cos u'=\frac{-\cos^2\alpha(g-h)+\cos^2\gamma(f-g)}{f-h}$$

$$\frac{\cos^2 u+\cos^2 u'}{2}=\frac{\cos^2\alpha(g-h)+\cos^2\gamma(f-g)}{f-h}.$$

Dies in obige Gleichung eingesetzt giebt:

$$\frac{1}{t^2}\left\{fh+\frac{(f-h)}{2}(\cos^2\alpha(g-h)+\cos^2\gamma(f-g))\right.$$
$$\left.-\frac{f+h}{2}(\cos^2\gamma(f-g)-\cos^2\alpha(g-h))\right\}$$
$$-\frac{1}{t}\left\{f+h+\cos^2\alpha(g-h)-\cos^2\gamma(f-g)\right\}+1=0$$

oder

$$\frac{1}{t^2}\left\{\frac{\cos^2\alpha}{h}+\frac{\cos^2\beta}{g}+\frac{\cos^2\gamma}{f}\right\}$$
$$-\frac{1}{t}\left\{\frac{\cos^2\alpha}{h}\left(\frac{1}{g}+\frac{1}{f}\right)+\frac{\cos^2\beta}{g}\left(\frac{1}{h}+\frac{1}{f}\right)+\frac{\cos^2\gamma}{f}\left(\frac{1}{g}+\frac{1}{h}\right)\right\}$$
$$+\frac{1}{f.g.h}=o$$

und mit Rücksicht auf Gl. (18)

$$\left.\begin{array}{l} v^4\{\pi^2\cos^2\alpha+\nu^2\cos^2\beta+\mu^2\cos^2\nu\} \\ \quad -v^2\{\pi^2\cos^2\alpha(\nu^2+\mu^2)+\nu^2\cos^2\beta(\pi^2+\mu^2) \\ \quad +\mu^2\cos^2\gamma(\pi^2+\nu^2)\}+\pi^2\nu^2\mu^2=0 \end{array}\right\} (23)$$

oder

$$\frac{\pi^2\cos^2\alpha}{v^2-\pi^2}+\frac{\nu^2\cos^2\beta}{v^2-\nu^2}+\frac{\mu^2\cos^2\nu}{v^2-\mu^2}=0 \quad \ldots . (24)$$

Diefs ist die Gleichung der Wellenfläche, wie sie von Fresnel aus seiner Hypothese abgeleitet wurde; sie bestimmt den geometrischen Ort der Endpunkte aller Strahlen, die zugleich von irgend einem Punkte im Innern eines 2axigen Mittels sich in demselben ausbreiten. Für jeden bestimmten Werth von α, β, γ giebt sie zwei Werthe von v^2, die den ordentlichen und den aufserordentlichen Strahlen angehören.

Setzt man $\frac{\mu}{\pi}=\nu$ so verwandelt sich Gl. (23) in:

$$\left\{v^2-\frac{\mu^2}{\pi^2}2\right\}\left\{\pi^2v^2\cos^2\alpha+\frac{\mu^2}{\pi^2}\cos^2\beta+\mu^2\cos^2\gamma-\mu^2\pi^2\right\}=0 (25)$$

Der Ausdruck für $\cos n$ Gl. (17), wird

$$\cos n=0;\ n=90^\circ;\ 2n=180^\circ$$

und da der Ausdruck für den halben Winkel zwischen optischen Axen (n') der jetzt üblichen Erklärung nach ist:

$$\cos n'=\frac{\nu}{\mu}\cos n',$$

so wird auch

$$n'=90^\circ;\ 2n'=180^\circ,$$

d. h. die beiden optischen Axen fallen zusammen, in dem der Kugel und dem Ellipsoid, Gl. (25), gemeinschaftlichen



Durchmesser. Diefs ist wieder das Huyghens'sche Gesetz, welches mit gröfster Uebereinstimmung mit der Erfahrung für einaxig doppeltbrechende Mittel gilt.

Setzt man endlich $\pi = \nu = \mu$, so erhalten wir anstatt Gl. (23)

$$v^2 - \mu^2 = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots (26)$$

und

$$\sin n = \sin n' = \frac{0}{0}$$

d. h. die Wellenfläche ist eine Kugel, und es giebt keine optische Axe. Die Bedingung gilt für einfachbrechende Mittel, wie längst bekannt.

B. Richtung der Strahlen, Brechung.

§. 12.

Nachdem wir im vorigen §. gezeigt haben, in welcher Weise die Geschwindigkeit eines Strahles von seiner Richtung abhängt, fragen wir weiter, welche Richtung einem unpolarisirten Strahle angehöre, der in ein anderes Mittel eintritt. Gehen wir hier von den einfacheren Fällen der einfachen und einaxig doppelten Brechung aus, und sprechen die für diese Fälle gültigen Regeln in der allgemeinsten Weise aus, so ist diese, vorausgesetzt, dafs die Trennungsfläche beider Mittel eben sey, folgende:

Man verlängere den Strahl in das neue Mittel hinein um eine beliebige Länge; nehme den Einfallspunkt zum Anfangspunkt der Coordinaten, und lege dieselben parallel den Elasticitätsaxen des neuen Mittels; schneide von diesen Axen Stücke ab, die sich zu einander und zur Verlängerung des Strahles verhalten, wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in den respectiven Richtungen zu einander und zu der im alten Mittel; und construire über diesen Axen die Wellenfläche, Gl. (25), und (26). Nun lege man durch den Endpunkt der Verlängerung des Strahles eine Normalebene; erweitere die-

selbe bis zu ihrem Durchschnitte mit der Trennungsebene der Mittel; und durch den Durchschnit lege man Berührungsebenen an die Wellenfläche. Die Radii vectores vom Einfallspunkte an die Berührungspunkte gezogen, bestimmen die Richtungen der gebrochenen Strahlen.

Indem eine weitere Ausführung dieser Regel hier unpassend seyn würde, schreiten wir sogleich zur Verallgemeinerung derselben. Keine Analogie liegt näher und ist naturgemäfser, als die, auch zweiaxig doppeltbrechende Mittel unter demselben Gesetze zu betrachten, wie die übrigen; und glücklicher Weise bietet sich uns zur Prüfung derselben leicht eine Gelegenheit.

Setzt man nämlich in Gl. (23) $\cos\beta = 0$, so erhält man

$$(v^2 - \nu^2)(v^2(\pi^2 \cos^2\alpha + \mu^2 \cos^2\gamma) - \pi^2 \mu^2) = 0$$

d. h. einen Kreis vom Halbmesser ν und eine Ellipse mit den Axen π und μ. Da aber ν zwischen π und μ liegt, so mufs die Ellipse und der Kreis sich an 4 Punkten durchschneiden. Nach Fresnels Ansicht gehörten diesen Punkten (5) je 2 Berührungsebenen, bezüglich auf Kreis und Ellipse: und folglich mufste die Richtung Cs (Fig. 5 Taf. III) zwei einfallenden Strahlen (RC u. $R'C$) gemeinschaftlich seyn. Allein Hamilton's analytische Untersuchungen ergeben, dafs die Wellenfläche in den Punkten s vier concave Hörner habe, und ferner, dafs eine in s' und s'' (Fig. 6 Taf. III) beiden Theilen der Wellenfläche gemeinschaftliche Berührungsebene die Wellenfläche in einem Kreise berühre, dessen Ebene senkrecht auf Cs', und dessen Durchmesser $s's''$ sey. Der Richtung Cs (Fig. 5 Taf. III) im Innern des Krystalles müfste demnach beim Eintritt und Austritt ein System von Strahlen entsprechen, deren geometrischer Ort der Mantel eines Kegels zweiter Ordnung ist: denn in einem solchen liegen die zu den in s möglichen Berührungsebenen gehörigen Normalen. Und ein Strahl, für den unsere Construction die Berührungsebene $Ts''s'$



(Fig. 6 Taf. III) giebt, müfste sich im Innern in einen Strahlenkegel auflösen, mithin beim Austritte in den Mantel eines Cylinders. — Beide Folgerungen haben sich vollkommen durch Lloyd's Versuche bestätigt.

Denken wir uns nicht einen einfallenden einzelnen Strahl, sondern ein System von einfallenden Strahlen, deren Endpunkte in einer auf ihrer Richtung senkrechten Ebene liegen, so wird die Lage eines solchen Systems nach der Brechung durch unsere obigen Berührungsebenen selbst bezeichnet. Wir nennen dergleichen Systeme *ebene Wellen*, und messen ihre Geschwindigkeit senkrecht auf ihre Ebene. Die Normalen (ω) zu den Berührungsebenen unserer Wellenflächen sind aber, wenn a, b, c die Cosinus der Neigungswinkel sind, unter welchen die Normale der einfallenden Wellenebene gegen die Elasticitätsaxen geneigt ist, durch folgende Gleichung gegeben

$$\frac{a^2}{\omega^2-\pi^2}+\frac{b^2}{\omega^2-\nu^2}+\frac{c^2}{\omega^2-\mu^2}=0 \; \ldots\ldots (27)$$

Die Geschwindigkeit der zwei durch Doppelbrechung aus *einer* einfallenden ebenen Welle entstandenen wird vorgestellt durch den Doppelwerth von ω und die Fläche deren Gleichung (25), würde eingehüllt werden von *allen* Ebenen, die der Gleichung (27) entsprechen. Auf diesem Wege fand auch Fresnel die erstere Gleichung aus der letzteren.

C. Polarisation der Strahlen.

§. 13.

Was endlich die Polarisationsebene betrifft, welche jeder gegebenen Strahlenrichtung in einem durchsichtigen Mittel entspricht, so hat Biot für den allgemeinsten Fall der Brechungsart, d. h. für zweiaxig doppelbrechende Mittel folgendes Gesetz erfahrungsmäfsig aufgestellt:

„Man lege Ebenen durch die Richtung des Strahles und eine jede der optischen Axen, und halbire die

Winkel zwischen diesen Ebenen durch zwei andere. Bezeichnet man dann die langsameren Strahlen als die aufserordentlichen, so ist die den spitzen / stumpfen oder stumpfen / spitzen Winkel halbirende Ebene die Polarisationsebene des Strahls, wenn derselbe ein ordentlicher / aufserordentlicher und die doppelbrechende Kraft des Mittels positiv oder negativ ist."

Biot's Gesetz schliefst in gleicher Weise, wie diefs hinsichtlich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit stattfand, die übrigen Fälle in sich; es vereinfacht sich für einaxig doppeltbrechende und einfachbrechende Mittel in bekannter Weise; doch ist es für uns nicht nöthig, die Ausführung ins Einzelne zu verfolgen. Bei einaxig doppeltbrechenden Mitteln gewinnt der Ausdruck ordentlicher und aufserordentlicher Strahlen erst wesentliche Bedeutung, aber freilich nicht der oben gemachten rein willkührlichen Annahme gemäfs.

Von grofser Wichtigkeit wird für die endliche Feststellung der Theorie der mathematische Ausdruck, den man für das angegebene Erfahrungsgesetz unter gewissen Vernachlässigungen erhält. Setzen wir nämlich anstatt der Strahlen die Normalen der zu ihnen gehörenden ebenen Wellen ein, so wird die Lage der Polarisationsebene dadurch vorausbestimmt, dafs man durch den Mittelpunkt des sogenannten Fresnelschen Ellipsoides parallel mit der Ebene der Welle einen Schnitt führt und die Hauptaxen der so entstandenen elliptischen Schnittfigur aufsucht; die durch diese Hauptaxen und die Wellennormale gelegten Ebenen entsprechen dann den Polarisationsebenen der ordentlichen und aufserordentlichen ebenen Welle. Die oben erwähnte Vernachlässigung werden wir uns aber um so mehr erlauben können, je näher sich in den untersuchten Fällen die Werthe von μ, ν und π stehen. Sind nämlich μ, ν und π nur wenig von einander verschieden, so wird die Wellenfläche,



Gl. (23), fast zur Kugel, und demzufolge weicht die Richtung der Normale eines Radiusvectors, d. h. die Richtung der Normale einer ebenen Welle und des zu ihr gehörigen Strahls, nur um eine Gröfse von einander ab, welche die Gränzen der Beobachtungsfehler nicht überschreitet. Die Gleichung des Fresnelschen Ellipsoides ist

$$\varrho^2 = \mu^2 \cos^2 Z + \nu^2 \cos^2 Y + \pi^2 \cos^2 X, \quad . \quad . \quad (28)$$

in welcher ϱ den Radiusvector, X, Y, Z seine Neigung gegen die Elasticitätsaxen bedeuten. Zugleich stellen die Hauptaxen der Schnittfiguren des Fresnel'schen Ellipsoides geometrisch die beiden Werthe von ω, Gl. (27), dar, wenn die ebene Welle deren Geschwindigkeit ω mifst, dem Schnitte parallel ist. Die Auffindung dieser Relationen verdankt man dem Scharfsinne Fresnel's; die nöthigen Nachweisungen sind von ihm so vollständig gegeben worden, dafs man blofs zu wiederholen brauchte.

III. Vereinigung der Schwingungs- und Fortpflanzungs-Gesetze.

§. 14.

Ihren Abschlufs finden die inductorischen Betrachtungen in der Auffassung des Zusammenhanges zwischen der Schwingungsweise des Lichtäthers und der Schnelligkeit, mit der sich diese Schwingungen fortpflanzen. Ehe wir aber diese Untersuchungen genügend erledigen können, ist es nöthig, eine bis jetzt unentschiedene Frage zu beantworten. Unsere früheren Betrachtungen (§. 6) haben uns nämlich nur so viel gelehrt, dafs die Aetherschwingungen entweder senkrecht gegen die Polarisationsebene gerichtet sind, oder parallel mit derselben erfolgen. Fresnel sah die erstere dieser beiden möglichen Annahmen als die gültige an; er bediente sich ihrer bei der Lösung der Aufgabe, die Intensität des gebrochenen und gespiegelten Lichtes zu bestimmen, und gelangte zu

Formeln, welche mit der Erfahrung auf das beste harmonirten; allein dazu bedurfte er noch einer Hülfshypothese, die seinen eigenen späteren Entdeckungen widersprach. Er setzte nämlich voraus, dafs der Aether in verschiedenen Medien sich nur durch seine Dichte, nicht durch seine Elasticität unterscheide; und diefs läfst sich mit der Natur doppeltbrechender Medien durchaus nicht vereinbaren, ohne Einschiebung künstlich „und zum Theil falsch" atomistischer Vorstellungen. Neumann hat defshalb die Fresnel'sche Lehre umgearbeitet, und dieselben Resultate erhalten, indem er den Unterschied der Medien nicht in der Dichte, sondern vielmehr in der Elasticität des Aethers suchte, dabei aber die Richtung der Aetherbewegung in die Polarisationsebene legte. Vor der Hand wird man also dieser letzteren Ansicht von der Richtung der Aetherschwingungen beizupflichten haben.

§. 15.

Wir wollen nun zuvörderst die Bedingungen aufsuchen, unter denen der Radiusvector (ϱ) des Fresnel-schen Ellipsoides, Gl. (28), zur Hauptaxe eines Schnittes wird.

Die Gleichung einer durch den Mittelpunkt des Fresnel'schen Ellipsoides gehenden Ebene ist

$$x = B.y + C.z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (29)$$

wo der Kürze halber für $-\frac{b}{a}$ und $-\frac{c}{a}$ (§. 12) gesetzt worden ist B und C. Diese Ebene enthält aber auch den Radiusvector ϱ, folglich, Gl. (28),

$$\cos X = B.\cos Y + C.\cos Z \quad \ldots\ldots\ldots (30)$$

Soll aber ϱ eine Hauptaxe des Schnittes werden, d. h. seinen gröfsten oder kleinsten Werth annehmen, so mufs $\frac{d\varrho}{dX} = 0$ gesetzt werden, oder nach Gl. (28)

$$\pi^2 \cos X.\sin X + \nu^2 \cos Y.\sin Y.\frac{dY}{dX}$$
$$+ \mu^2 \cos Z.\sin Z.\frac{dZ}{dX} = 0 \quad \ldots (31)$$



Aber nach Gl. (30) und wegen $\cos^2 X + \cos^2 Y + \cos^2 Z = 1$ ist

$$\frac{dY}{dX} = \frac{\sin X (C.\cos X + \cos Z)}{\sin Y (B.\cos Z - C.\cos Y)}$$

$$\frac{dZ}{dX} = -\frac{\sin X (B.\cos X + \cos Y)}{\sin Z (B.\cos Z - C.\cos Y)}.$$

Diese Werthe in Gl. (31) eingesetzt geben

$$n^2 \cos X (B.\cos Z - C.\cos Y) + \nu^2 \cos Y (C.\cos X + \cos Z) - \mu^2 \cos Z (B.\cos X + \cos Y) = 0 \ldots (32)$$

Und daraus wären die bestimmten Werthen von B u. C, d. h. bestimmten Werthen von a, b, c entsprechenden X, Y, Z zu suchen.

Es sei nun nochmals erlaubt, die Richtung der Strahlen und der Normalen der zu ihnen gehörigen ebenen Wellen zu vertauschen, oder die Richtung der Aetherbewegung nicht senkrecht gegen den Strahl, sondern in die Ebene der Welle zu legen. Alsdann ist es uns möglich, die Kraft zu bestimmen, die durch die Aetherschwingungen rege gemacht wird, und vermöge welcher der Aether seine geradlinigen Schwingungen vollführt. Diese Kraft, welche wir mit Fresnel die Resultante aus der Elasticität des Mittels nennen, mufs entweder in der Richtung der Schwingungen thätig seyn, oder doch wenigstens nur in Componenten zerfallen, parallel der Aetherschwingung und senkrecht gegen die ebene Welle; denn wenn die senkrecht gegen die Aetherschwingung gerichtete Componente nicht zugleich senkrecht auf der ebenen Welle steht, so läfst sie sich wiederum zerlegen parallel und senkrecht gegen die ebene Welle. Die parallele Componente würde aber zur Folge haben, dafs nach und nach die Schwingungen eine andere Richtung annähmen, oder dafs sich mit der Zeit die Polarisationsebene eines Strahles in ein und demselben Mittel änderte, und dagegen spricht die Erfahrung; hingegen die auf der ebenen Welle senkrechte Componente würde in keiner Weise die Bewegungen in der ebenen Welle stören, ihre Wirkungen würden nach §. 6 einem anderen Phänomen, als dem des

Lichte angehören. Danach können wir, wie folgt, weiter gehen.

Es sey die Gleichung einer durch die Aetherschwingung, oder den Radiusvector ϱ und durch die Elasticitätsresultante gelegten Ebene:

$$x = B.y + Cz \ldots\ldots\ldots\ldots (33)$$

dieselbe enthält den Radiusvector ϱ, folglich:

$$\cos X = B \cos Y + C \cos Z \ldots\ldots\ldots (34)$$

und zugleich die Resultante aus der Elasticität des Mittels (R), deren Componenten nach unseren Coordinataxen seyen ξ, η, ζ, folglich:

$$\xi = B\eta + C\zeta \ldots\ldots\ldots\ldots (35)$$

Aus Gleichung (34) und (35) lassen sich die Werthe von B und C bestimmen; sie sind:

$$B = \frac{\xi.\cos Z - \zeta.\cos X}{\eta.\cos Z - \zeta.\cos Y} \ldots\ldots\ldots (36)$$

$$C = \frac{\eta.\cos X - \xi.\cos Y}{\eta.\cos Z - \zeta.\cos Y}$$

Diese Werthe dienen zur Bestimmung von ξ, η, ζ. Die Ebene, deren Gleichung (33), soll nämlich senkrecht stehen auf der Ebene deren Gleichung (29), so daſs

$$BB' + CC' + 1 = 0;$$

setzt man aber hier für B und C die Werthe aus Gl. (36), so erhält man nach gehöriger Umstellung:

$$\xi(B'\cos X - C.\cos Y) + \eta(C'.\cos X + \cos Z) - \zeta(B'.\cos X + \cos Y) = 0,$$

eine Formel, die sich mit Gl. (32) leicht vergleichen läſst, und aus welcher hervorgeht, daſs

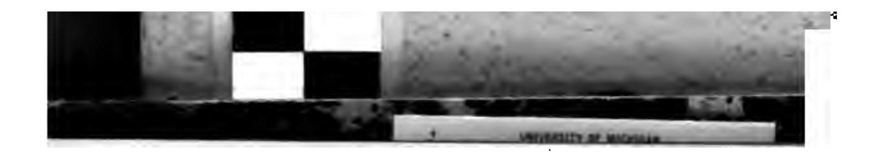
$$\xi = \pi^2 \cos X; \quad \eta = \nu^2 \cos Y; \quad \zeta = \mu^2 \cos Z \ldots (37)$$

oder

$$R = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}$$
$$= \sqrt{\pi^4 \cos^2 X + \nu^4 \cos^2 Y + \mu^4 \cos^2 Z}.$$

Die Cosinus der Neigungswinkel von R gegen die Coordinataxen müssen aber seyn

$$\frac{\pi^2.\cos X}{R}; \quad \frac{\nu^2 \cos Y}{R}; \quad \frac{\mu^2.\cos Z}{R}$$



und defshalb der Cosinus des Winkels, zwischen der Aetherschwingung und Elasticitätsresultante:

$$\cos(R,\varrho) = \frac{\pi^2.\cos^2 X + \nu^2.\cos^2 Y + \mu^2.\cos^2 Z}{R.}$$

So mufs endlich die den Aetherschwingungen parallele Componente der Elasticitätsresultante seyn

$$R.\cos(R,\varrho) = \pi^2.\cos^2 X + \nu^2.\cos^2 Y + \mu^2.\cos^2 Z$$

oder mit Rücksicht auf Gl. (28)

$$R.\cos(R,\varrho) = \varrho^2$$

oder auch nach §. 13

$$R.\cos(R,\varrho) = \omega^2. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (38)$$

Fafst man diese letzte Gl. in Worte, so besagt sie, *dafs die den Aetherschwingungen parallele Componente der Elasticitätsresultante proportional sey dem Quadrate der Geschwindigkeit, mit der sich die ebene Welle, in welcher die Schwingungen stattfinden, fortpflanzt.* Endlich geht noch aus der Gl. (37) hervor, *dafs die jedesmalige Elasticität sich auf drei senkrechte Componenten μ, ν, π zurückführen lasse, und dafs diese Componenten der Richtung nach mit den Durchschnitten unserer Hauptschnitte* (§. 10, 3) *zusammenfallen.*

Diefs sind die ersten Principien der Undulationstheorie. Wir verdanken ihre Kenntnifs Fresnel, dessen genialer Scharfsinn zu ihrer Auffindung nicht den mühsamen und langsamen Weg zu verfolgen brauchte, den wir in dieser Abhandlung eingeschlagen haben.

III. *Von den überzähligen Regenbogen; vom Prof. W. H. Miller in Cambridge.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Transact. of the Cambridge Phil. Society. Vol. VII Pt. III.*)

Der sechste Band der *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* enthält eine Abhandlung des Königlichen Astronomen über die Intensität des Lichts in der Nachbarschaft einer Brennlinie [1]), in welcher die relativen Abstände der hellsten Theile im ersten überzähligen Bogen (*spurious bow*), und des ersten und zweiten dunklen Ringes von dem geometrischen Ort des Bogens bestimmt sind durch Rechnungen gegründet auf die Undulationstheorie. Die Zahlen, welchen er diese Abstände proportional findet, sind:

Hellster Theil des Bogens	1,08
Dunkler Ring zwischen dem Bogen und dem ersten überzähl. Bogen	2,48
Hellster Theil des ersten überzähligen Bogens	3,47
Dunkler Ring zwischen dem ersten und zweiten überzähligen Bogen	4,44 (wahrscheinl.).

Es geht auch hervor, dafs die Helligkeit sich jenseits der Stelle des geometrischen Bogens ausdehnt, indem die Lichtstärke daselbst etwa 0,442 von der Stärke am Punkte des Helligkeits-Maximums ist.

Um diese Resultate mit der Beobachtung zu vergleichen, wandte ich die Methode an, welche Hr. Babinet zur Darstellung von Regenbogen und den begleitenden überzähligen Bogen erfunden hat (Poggendorff's Annalen, Bd. XLI S. 139). Wenn ein Lichtbündel horizontal durch

1) S. Airy's Abhandlung in den Annal., Ergänzungsbd. S. 232. *P.*

einen schmalen aufrechten Schlitz geht und auf einen senkrechten cylindrischen Wasserstrahl fällt, so sind, sowohl mit bloſsem Auge als mittelst eines Fernrohrs, Stücke vom Haupt- und Nebenregenbogen (primären und secundären Bogen) und von einer groſsen Anzahl überzähliger Bogen sichtbar, die eine Reihe senkrechter Farbenstreifen bilden, in einer horizontalen Linie von der Rechten zur Linken des Punkts, der dem, von welchem das Licht ausgeht, gegenüberliegt. Ein getheilter Kreis, der horizontal, mit seinem Mittelpunkt in der Axe des Wasserstrahls gestellt ist, trägt parallel mit seiner Ebene ein kleines Fernrohr, das mit seinem Objectiv etwa einen Zoll von der Axe des Kreises absteht, und dazu dient, die Winkel zwischen der Lichtlinie und jeden der hellen Streifen zu messen.

Der Durchmesser des Wasserstrahls wurde folgendermaſsen bestimmt. Eine Linse von etwa 0,77 Zoll Brennweite wurde zwischen dem Objectiv des Fernrohrs und dem Strahl, entfernt um ihre Brennweite von der Axe des letzteren, aufgestellt, und der Winkel, welchen der Durchmesser des durch die Linse gesehenen Strahls umspannte, gemessen. Dann wurde in den Brennpunkt der Glaslinse eine in Millimeter getheilte Glasskale aufgestellt, und der Winkel, den zwei um ein Millimeter von einander entfernte Linien bespannten, gemessen. Aus diesen beiden Winkeln konnte der Durchmesser des Strahls leicht berechnet werden.

Bei den ersten Beobachtungen betrug der Durchmesser des Wasserstrahls etwa 0,022 Zoll, und dabei ward Sonnenlicht angewandt. Die Vermischung der Farben machte es sehr schwer auf die hellsten Theile der Streifen einzustellen, besonders auf die den Hauptbogen entsprechenden.

Das Mittel aus acht Beobachtungen des primären und von zwei des secundären gab den Radius des hellsten Theils:

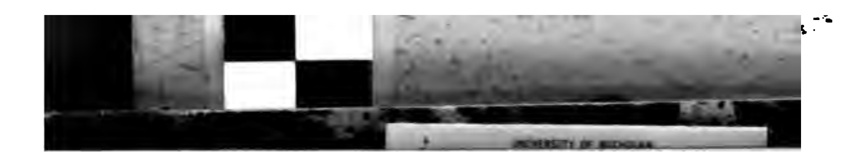
vom primären Bogen	41°	32′
von dessen erstem überzähligen Bogen	40	27
vom secundären Bogen	51	58
von dessen erstem überzähligen Bogen	53	57.

Wenn $3\, sin^2\, \varphi = (2 + \mu)(2 - \mu)$ und $\mu\, sin\, \varphi' = sin\, \varphi$, so wird der Radius des geometrischen primären Bogens von der dem Index μ entsprechenden Farbe $= 4\varphi' - 2\varphi$; und wenn $8\, sin^2\, \psi = (3 + \mu)(3 - \mu)$ und $\mu\, sin\, \psi' = sin\, \psi$, so wird der Radius des geometrischen secundären Bogens von der dem Index μ entsprechenden Farbe $= \pi + 2\psi - 6\psi'$.

Nach Fraunhofer [1]) liegt der hellste Theil des Sonnenspectrums zwischen den Linien D und E, und zwar entfernt von D um ein Drittel oder Viertel des Abstandes DE, und die Brechungsindexe von Wasser sind für die Linien D und E respective 1,33358 und 1,33585. Deſshalb wird für den hellsten Theil des Sonnenspectrums der Brechungsindex des Wassers $= 1{,}33424$. Mithin sind die Radien der geometrischen primären und secundären Bogen respective 41° 53′,9 und 51° 12′,9.

Der Theorie nach verhalten sich die Abstände des hellsten Theils eines Bogens und seines ersten überzähligen Bogens von dem geometrischen Bogen wie die Zahlen 1,08 und 3,47. Bei dem primären Bogen ist der Unterschied zwischen dem Radius des ersten überzähligen und dem Radius des geometrischen Bogens $= 1°\, 27'$. Zufolge der Theorie ist daher der Abstand des primären Bogens von dem geometrischen $= 27'$, oder der Radius des hellsten Theils des primären $= 41°\, 27'$. Der beobachtete Radius ist 41° 32′. Mithin ist der primäre Bogen dem geometrischen um 5′ näher nach der Beobachtung als nach der Theorie. In gleicher Weise giebt die Theorie den Radius des hellsten Theils im secundären Bo-

1) Denkschriften der K. Acad. der Wissenschaften zu München für die Jahre 1814 und 1815, S 214 und 224.



Bogen $= 52^\circ\, 6'$. Mithin ist der secundäre Bogen dem geometrischen nach der Beobachtung um $8'$ näher als nach der Theorie.

Bei einer zweiten Reihe von Beobachtungen wurde das Ocular des Fernrohrs bedeckt mit einem rothen Glase, welches Licht vom brechbarsten Ende des Spectrums, bis nahe zur Linie D, durchliefs, die zur Beobachtung gewählten Punkte waren die dunklen Streifen und der hellste Theil des Hauptbogens. Die dunklen Streifen waren sehr deutlich sichtbar und leicht zu halbiren. Bedeutend schwierig war es jedoch, den hellsten Theil des Hauptbogens zu fixiren, wegen seiner Breite und des Mangels einer symmetrischen Vertheilung des Lichts zu beiden Seiten des hellsten Punktes. Ein Blick auf die Resultate wird zeigen, dafs der letztere einer bedeutenden Unsicherheit unterworfen ist. Alle diese Beobachtungen sind ausgesetzt der Wirkung einer plötzlichen Verschiebung der Streifen, welche zuweilen von der Rechten zur Linken durch einen kleinen Raum stattfindet. Ich gebe die Winkelabstände so vieler dunkler Streifen als sich gehörig beobachten liefsen, damit ihre Orte künftig berechnet werden können. Die Beobachtungen der Punkte, wo die Bogen anzufangen scheinen, bieten, wie zu erwarten, grofse Abweichungen dar; sie zeigen jedoch, dafs die Helligkeit sich in jedem Fall weit über den Ort des geometrischen Bogens ausdehnt. Das durch das rothe Glas gesehene Spectrum nimmt von seinem hellsten Theil viel schneller ab nach dem brechbareren Ende als nach dem weniger brechbaren. Ist N das brechbarere Ende, M der hellste Punkt, L der, wo die Abnahme beginnt, K das wenigst brechbare Ende, so sind die Indices, hergeleitet aus den doppelten Ablenkungen durch ein hohles Prisma mit einem brechenden Winkel von $66^\circ\, 22'$, bei $K = 1{,}3294$, bei $L = 1{,}3310$ bei $M = 1{,}3322$, bei $N = 1{,}3334$. Der beste »*single equivalent index*« wird wahrscheinlich etwa 1,3318 seyn.

(*A*)

Primärer Bogen, gesehen durch rothes Glas, für welches angenommen wurde, dafs $\mu = 1{,}3318$ und $4\varphi' - 2\varphi = 42^{\circ}\ 15'$. Durchmess. des Wassercylinders 0,0206 Zoll.

Gränze		42°	50′	64′	36′	46′	53′	61′	50′	52′	55′	64′
Hellstes		41	49	50	51	45	58	54	51	55	45	56
Dunkl. Streif.	1	41	8	10	8	2	11	6	4	7	8	7
	2	40	16	17	19	10	19	18	13	15	..	17
	3	39	36	37	37	27	37	33	33	32	30	
	4	38	57	58	58	50	60	58	53			
	5	38	25	27	26	18	26					
	6	37	54	50	54	46						
	7	37	24	22	28							
	8	36	59	56	58							
	9	36	31	29	33							
	10	36	7	3	6							
	11	35	45	37	43							
	12	35	21	12								
	13	35	1									
	14	34	40.									

(*B*)

Secundärer Bogen, gesehen durch rothes Glas, für welches angenommen wurde, dafs $\mu = 1{,}3318$ und folglich $\pi + 2\psi - 6\psi' = 50^{\circ}\ 34'$. Durchmesser des Wassercylinders $= 0{,}0206$ Zoll.

Gränze		49°	65′	53′	54′	51′	65′	58′	68′
Hellstes		51	30	27	16	20	30	21	29
Dunkl. Streif.	1	52	36	39	36	37	37	40	33
	2	54	2	10	1	6	8	12	7
	3	55	19	26	16	25	22	30	25
	4	56	23	30	26	30			
	5	57	24	33					
	6	58	18	32					
	7	59	10						
	8	59	56.						

Bei einer dritten Reihe von Beobachtungen wurde das Sonnenlicht, nach dem Durchgang durch einen senk-



rechten Schlitz von 0,25 Zoll Breite, in etwa 24 Fufs Entfernung aufgefangen von einem senkrecht stehenden Prisma. Unmittelbar hinter dem Prisma war ein zweiter, auch 0,25 Zoll breiter Schlitz, und so wurde ein leidlich reines Spectrum gebildet. Der Wassercylinder wurde dann, etwa 18 Fufs vom Prisma entfernt, nahe in dem hellsten Theil des Spectrums aufgestellt, und der Brechungsindex der auf den Cylinder fallenden Strahlen in derselben Weise wie der von dem durch rothes Glas gegangenen Licht bestimmt.

(*C*).

Primärer Bogen. $\mu = 1{,}3346$, also $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ\,50',4$.
Durchmesser des Wassercyllnders $= 0{,}02105$ Zoll.

Gränze		42°	29′	55′	24′	34′	52′	43′	51′
Hellstes		41	27	31	26	33	25	25	27
Dunkl. Streif.	1	40	49	53	50	52	53	51	52
	2	40	4	5	3	4	7	3	5
	3	39	27	28	26	27	28	25	26
	4	38	51	53	52	54	56	52	...
	5	38	21	25	22	25	24	20	22
	6	37	52	55	54	55	57	52	54
	7	37	25	29	27	29	31	24	
	8	37	0	4	3	4	5	...	
	9	36	34	41	38	40	42	36	
	10	36	11	17	14	17	18	11	
	11	35	48	55	52	55	57	48	
	12	35	22	34	32	32	36	28	
	13	35	4	12	9	11	14	8	
	14	34	43	53	48	52	55	46	
	15	34	23	33	27	33	35	26	
	16	34	3	13	10	13	18	8	
	17	33	47	55	50	52	58	47	
	18	33	28	37	33	35	40		
	19	33	8	19	13	23	22		
	20	32	53	58	56	58′			
	21	32	36	41	40				

Dunkl. Streif. 22	32° 18'	25'	23'	
23	32 1	6	5	
24	31 34	53	50	
26	31 28	32	29	
27	31 5	18		
28	30 53	65		
29	30 38			
30	30 24.			

(*D*)

Secundärer Bogen $\mu = 1{,}33464$, also $\pi + 2\psi - 6\psi' = 51^\circ\, 19'$. Durchmesser des Wassercylinders $= 0{,}02105$ Zoll.

Gränze	50° 13'	7'	30'	57'	19'	8'	47'
Hellstes	51 19	59	57	69	50	49	57
Dunkl. Streif. 1	53 5	2	6	6	5	5	6
2	54 27	23	29	30	28	25	31
3	55 36	31	38	39	37	32	36
4	56 35	30	38	38	35	35	36
5	57 29	25	42	32	30	29	30
6	58 19	13	23	22	22	20	21
7	59 6	0	11	13	10	8	8
8	59 50	45	56	55	55	51	50
9	60 33	29	40	38	41		
10	61 15	12	22	17	20		
11	61 52	50	62	58	59		
12	62 32	29	41	36	42		
13	63 9	3	17	17	17		
14	63 43	39	52	49	51		
15	64 18	15	29	25	28		
16	64 52	49	62	61			
17	65 25	24	37	32			
18	65 57	55	71	68			
19	66 29	26	45				
20	66 63	54	76				
21	67 32	26	43				
22	68 0						
23	68 35.						



Eine vierte Beobachtungsreihe wurde mit einem dünneren Wassercylinder angestellt, dessen Durchmesser etwas ungewiſs ist, da die Röhre zufällig zerbrochen ward, ehe man die Beobachtungen zur Bestimmung des Durchmessers wiederholt hatte. Zu Anfang der Beobachtungen ergab sich $\mu = 1{,}33453$, zu Ende derselben $= 1{,}3348$. Dieſs zeigt, daſs im Verlauf der Beobachtungen entweder das Prisma oder der Wasserstrahl verschoben ward. Der Vergleich der beobachteten mit den berechneten Radien wurde mit beiden Werthen von μ gemacht.

(*E*)

Primärer Bogen. Wenn $\mu = 1{,}33453$, ist $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ\ 52'$, wenn $\mu = 1{,}3348$, ist $4\varphi' - 2\varphi = 41^\circ\ 49$. Durchmesser des Wassercylinders $= 0{,}0135$ Zoll.

Gränze		42°	68′	67′	57′	65′	77′	64′	48′
Hellstes		41	18	20	18	19	30	17	19
Dunkl. Streif.	1	40	34	32	31	33	34	32	34
	2	39	28	29	31	28	29	29	31
	3	38	38	39	39	38	40	38	39
	4	37	52	54	54	54	53	53	53
	5	37	12	13	14	12	13	12	14
	6	36	34	34	36	35	35	31	34
	7	35	56	58	62	60	58	61	61
	8	35	23	21	28	26	25	29	27
	9	34	51	51	57	...	53	53	
	10	34	20	19	28	...	21	22	
	11	33	49	50	57	...	50	52	
	12	33	21	20	27	25	24	...	
	13	32	53	54	58	57	55	55.	
	14	32	26	26	31	30	32		
	15	31	58	...	62	64			
	16	31	34	...	39	37			
	17	31	9	...	11				
	18	30	44	...	44				
	19	30	20	...	25				
	20	29	56	...					
	21	29	30	...					
	22	29	...	3.					

(*F*)

Secundärer Bogen. Wenn $\mu = 1{,}33453$, ist $\pi + 2\psi - 6\psi' = 51^\circ\ 17'{,}5$; wenn $\mu = 1{,}3348$, ist $\pi + 2\psi - 6\psi'$

=51° 23',2. Durchmesser des Wassercylinders =0,0135 Zoll.

Gränze		49° 53'	35'	63'	13'	48'	48'	58'
Hellstes		52 26	20	0	6	14	18	26
Dunkl. Streif.	1	53 38	36	38	32	40	43	35
	2	55 35	28	32	30	30	35	29
	3	57 4	3	1	4	6	9	0
	4	58 26	23	21	19	25	25	13
	5	59 38	37	33	32	42	35	37
	6	60 44	44	32	39	48	43	39
	7	61 48	48	...	43	55		
	8	62 54	47	44	44			
	9	63 48	51					
	10	64 41	39					
	11	65 34						
	12	66 25.						

Zufolge der Theorie verhalten sich die Abstände des hellsten Theils im primären Bogen und des ersten und zweiten dunklen Ringes von dem geometrischen Bogen wie 1,08 : 2,18 : 4,4. Kennt man also den berechneten Radius des geometrischen Bogens und den beobachteten Radius des ersten dunklen Ringes, so lassen sich finden: der theoretische Radius des hellsten Theils im Hauptbogen und der des zweiten dunklen Ringes. Aus dem folgenden Vergleiche dieser mit dem Mittel der beobachteten Resultate wird man sehen, dafs die Unterschiede zwischen Theorie und Erfahrung nicht gröfser sind als gegründeterweise erwartet werden kann. Ich mufs jedoch bemerken, dafs in allen Fällen der beobachtete Hauptbogen ein wenig näher am geometrischen Bogen liegt als die Theorie angiebt. Wenn diefs nicht zufällig ist, entspringt es wohl aus einem Fehler im Einstellen, veranlafst durch den Mangel an Symmetrie in der Vertheilung des Lichts im Hauptbogen.



	Beobachtung.	Theorie.	
	(*A*)		
$(4\varphi'-2\varphi$		42° 15')	
Rad. Hauptbogen	41° 51',4	41 45,4	
Rad. 1. dunkl. Ring	41 7	———	
Rad. 2. dunkl. Ring	40 16	40 14,4	
	(*B*)		
$(\pi+2\psi-6\psi'$		50 34)	
Rad. Nebenbogen	51 25	51 27,5	
Rad. 1. dunkl. Ring	52 37	———	
Rad. 2. dunkl. Ring	54 7	54 12	
	(*C*)		
$(4\varphi'-2\varphi$		41 50,4)	
Rad. Hauptbogen	41 27,7	41 24,7	
Rad. 1. dunkl. Ring	40 51,4	———	
Rad. 2. dunkl. Ring	40 4,4	40 5,7	
	(*D*)		
$(\pi+2\psi-6\psi'$		51 19,2)	
Rad. Nebenbogen	51 57	52 5,3	
Rad. 1. dunkl. Ring	53 5	———	
Rad. 2. dunkl. Ring	54 27,6	54 27	
	(*E*)		
$(4\varphi'-2\varphi$		41 52?	41° 49'?)
Rad. Hauptbogen	41 20	41 18	41 15)
Rad. 1. dunkl. Ring	40 33	———	———
Rad. 2. dunkl. Ring	39 29	39 32	39 31
	(*F*)		
$(\pi+2\psi-6\psi'$		51 17,5?	51 23,3?)
Rad. Nebenbogen	52 16	52 18,5	52 21
Rad. 1. dunkl. Ring	53 37,4	———	———
Rad. 2. dunkl. Ring	55 31,3	55 26	55 21

IV. *Ueber die Höhenänderung der beiden neutralen Punkte in der Atmosphäre.*

Bekanntlich hat Hr. Arago gezeigt, dafs die wolkenfreie Atmosphäre, bei niedrigem Stande der Sonne, einen Punkt, wo die Polarisation Null ist, besitzt, und dafs dieser, der Sonne gegenüber, etwa 30° über dem Horizont liegt. Hr. A. schreibt ihn dem von der Atmosphäre reflectirtem Lichte zu, und wirklich schiebt sich jener Punkt bedeutend aus dem der Sonne gegenüberliegenden Vertical, wenn Wolken an einer Seite der Atmosphäre da sind. Hr. Babinet entdeckte einen zweiten neutralen Punkt, der, wenn die Sonne nahe am Horizont steht, *über denselben* liegt [1]). Mehre Beobachter, unter andern Hr. Forbes, haben das Daseyn beider Punkte bestätigt. Beobachtungen, die Hr. B. am 3. Juli bei sehr heiterer Atmosphäre unternahm (als Vorläufer zu denen, die er bei der Sonnenfinsternifs vom 8. anzustellen gedachte, aber durch trübes Wetter vereitelt wurden) lehrten ihn, dafs, nach Sonnenuntergang, der der Sonne *gegenüberliegende* Punkt bedeutend steigt, dagegen der *über der Sonne* liegende sich senkt, doch weniger als der erstere steigt. Die Beobachtung wurde auch von Hrn. Silbermann d. A. bestätigt. Die bekannte Ursache der neutralen Punkte wird ohne Zweifel auch diesen Umstand leicht erklären. (*Compt. rend. T. XV p.* 43.)

1) Annalen, Bd. LI S. 562.



V. *Einige Bemerkungen über das unsichtbare Licht; von Ludwig Moser.*

Da das unsichtbare Licht Interesse zu erregen scheint, so theile ich von meinen darüber gemachten Erfahrungen noch Folgendes mit:

1) Aufser den, in dem Aufsatz über den Prozefs des Sehens u. s. w. [1]) genannten Körpern, habe ich ferner abbilden lassen: Gold, Kupfer, Neusilber, Wismuth, Antimon, Zinn, Blei, Spiegelmetall, Schriftgut, Zink, weifses durchsichtiges Glas, Holz, Perlmutter, schwarze Pappe, schwarzes Leder, schwarzen Sammet und Lampenrufs. Mit dem letzteren liefs ich einen zweckmäfsig geformten Körper von Eisen reichlich sich überziehen, und brachte denselben in einiger Entfernung von einer reinen Silberplatte an. Als hierauf die Platte den Joddämpfen ausgesetzt wurde, entstand ein sehr deutliches Bild. Es wäre sonach eine Entdeckung, wenn sich, was ich nicht glaube, eine Substanz fände, bei welcher kein Selbstleuchten, oder doch in so geringem Grade vorhanden wäre, dafs man es übersehen könnte. Bis dahin mufs von manchen Untersuchungen, wie ich nicht weiter auszuführen brauche, abstrahirt werden.

Ich habe die Versuche über das Selbstleuchten der Körper, fast ohne Ausnahme, in der sogenannten Finsternifs angestellt, um das Bedenken, es sei hiebei fremdes Licht im Spiel, entfernt zu halten. Allein diese Vorsicht ist nicht weiter nöthig, weil sich charakteristische Kennzeichen für das unsichtbare Licht ergeben haben (Siehe den Aufsatz über das Latentwerden des Lichts) [2]), wonach es unmöglich ist, dasselbe mit dem gewöhnlichen Lichte zu verwechseln. Beide Arten unterscheiden sich jedoch nur, wie, physikalisch genommen, das Violett vom

1) Im Heft VI dieses Jahrgangs.
2) Im nächsten Heft.

Roth, und die Methode, welche z. B. die Strahlen der beiden letzteren Farben zu unterscheiden lehrt, erstreckt sich auch auf die sichtbaren und unsichtbaren Strahlen. Diefs bei Seite gesetzt, giebt es *keinen Effect, den das eine Licht nicht so gut als das andere hervorzubringen vermöchte.* Jene charakteristischen Kennzeichen sind inzwischen auch nicht einmal nöthig, und man braucht bei den Versuchen mit den eigenthümlichen Lichtstrahlen der Körper das Tageslicht gar nicht ängstlich abzusperren, weil das letztere zu diesen Versuchen, wenn man sie nur zweckmäfsig anstellt, nichts beizutragen vermag. Ich habe nämlich schon früher nachgewiesen, dafs wenn man Bilder durch das gewöhnliche Licht (wozu ich auch die von Ritter entdeckten dunklen Strahlen rechne) auf reinen Flächen von Silber, Kupfer Glas u. s. w. hervorbringen will, die freie Sonne dazu 1 oder 2 Stunden bedarf, und ich kann hinzufügen, dafs wenn man das Bild einer Camera obscura, an einem günstigen Tage auf sonnenbeleuchtete Häuser gerichtet, zwölf Stunden und mehr auf eine der genannten Platten wirken läfst, man nachher in den Dämpfen kaum eine Spur einer stattgefundenen Wirkung wahrnehmen wird. Wenn folglich ein Körper durch das ihm eigenthümliche Licht sich in 10 und sogar in 2 Minuten auf reinen Metallen abbildet, so kann hierzu das gewöhnliche Licht, und wäre es auch in gröfster Intensität vorhanden, nichts beigetragen haben.

2) Die unsichtbaren Lichtstrahlen habe ich bis jetzt wirken lassen auf: Gold, Silber, Neusilber, Kupfer, Messing, Eisen, Stahl, Zink, ferner auf gelb jodirtes Silber, und vom Tageslicht geschwärztes Jodsilber, auf purpurn angelassenes Kupfer, auf Glas, Porzellan, Glimmer, auf gewöhnlich lakirtes Blech und sogar auf Quecksilber. Das letztere wandte ich in der Art an, dafs ich eine reine und eine versilberte Kupferplatte reichlich damit überzog, so dafs flüssiges Quecksilber sich auf den Oberflächen befand. Die Körper, die ich darauf wirken liefs.

waren aus Eisen, Horn und der stählerne Stempel einer Medaille. Das Quecksilber zeigte nachgehends keine Spur eines Bildes, welches jedoch so vollständig in den Joddämpfen entstand, dafs die Schrift z. B., womit der Stempel bedeckt war, aufs leichteste gelesen werden konnte.

Die genannten Substanzen unterscheiden sich für den Versuch hauptsächlich nur durch den Grad der Politur, den man ihnen geben kann oder den sie besitzen. Glimmer läfst die Bilder sehr schön hervortreten, eben so Kupfer, wenn man es gut polirt hat. Ich besitze eine Platte, deren Oberfläche aus den vier Metallen: Messing, Kupfer, Zink und Eisen besteht, und worauf ich eine geschnittene Achatplatte wirken liefs. In den Dämpfen zeigten nachgehends alle Metalle den ihnen zukommenden Theil des Bildes, nur war derselbe auf dem nicht gut polirten Eisen weniger deutlich. Dagegen hat eine schön polirte Stahlplatte mir sehr gute Bilder geliefert. In allen Fällen, wo es anging, habe ich bei diesen Versuchen zuerst den Quecksilberdampf von der üblichen Spannung und dann den Joddampf wirken lassen, ein Verfahren, welches sich selbst beim lakirten Blech als vortheilhaft bewährt hat (Siehe hierüber den Aufsatz über das Latentwerden des Lichts) [1]).

Hiernach kann man wohl nicht bezweifeln, dafs das Licht auf alle Substanzen gleichmäfsig wirkt, und dafs ferner je zwei Körper sich auf einander abbilden werden, so dafs es nur von anderweitigen Umständen abhängt, ob man die Abbilder werde wahrnehmbar machen können.

3) Zu diesen anderweitigen Umständen gehört vor Allem die Divergenz der Strahlen, welche bei dem unsichtbaren, wie bei dem sichtbaren Lichte stattfindet. Sie verbietet es, die beiden Körper allzusehr zu entfernen, wenn man noch hinreichend deutliche Bilder erhalten will. Früher hatte ich die Silberplatte von dem abzubildenden Körper $\frac{1}{5}$ Linie entfernt; ich habe diese Entfernung später bis auf eine ganze Linie erweitert. Indem

1) Im nächsten Heft.

ich zweckmäfsige Objecte wählte, erhielt ich auch dann noch deutliche, aber wie zu erwarten stand, Bilder, deren einzelne Theile verwaschen waren.

Wenn man die Bedingungen erwägt, unter welchen das Abbild der Körper durch ihr eigenthümliches Licht erhalten wird, so sieht man ein, dafs gravirte Oberflächen diesen Bedingungen am besten genügen werden, während erhaben geschnittene weniger leisten. Eine gravirte Platte von Achat, dergleichen von Holz, eiserne und messingene Stempel, die oft schön geformten Typen der Buchdrucker, haben mir daher auch sehr gute Dienste gethan. Bei den letzteren erweist eine passende Entfernung sich sogar oft vortheilhaft, indem sie die scharfen, eingeschittenen Linien in einen mehr gleichmäfsigen Schatten auf dem Bilde verwandelt. Schwarze Schrift auf weifsem Papier bildet sich wohl auch so weit ab, dafs man sie erkennen kann; doch habe ich sie nie besonders gut gesehen. Aehnlich verhält es sich mit Mosaiktafeln, deren einzelne Felder sich mit überraschender Feinheit darstellen, während ich die, blofs durch ihre Farbe unterschiedenen Figuren niemals deutlich wahrgenommen habe. Ich mache überhaupt darauf aufmerksam, dafs die Theile irgend eines Körpers, die sich, im erborgten Tageslicht deutlich für unser Auge markiren, darum in dem Bilde noch nicht hervorzutreten brauchen, welches ihre eigenthümlichen Strahlen entwerfen.

4) Endlich will ich hier noch eine Methode angeben, sich von der Einwirkung der sichtbaren Lichtstrahlen auf viele Substanzen zu überzeugen, eine Methode, die man auf alle würde anwenden können, wenn man nicht genöthigt wäre, das gewöhnliche Licht in grofser Intensität zu gebrauchen, wo dann die Wärme oft störend einwirkt. Ich richte eine kleine Camera obscura mit einer Linse von 15^{mm} Apertur auf die Sonne und setze eine Platte aus Spiegelglas hinein, das Bild der Sonne zu empfangen. Nachdem dieselbe hindurchgegangen, nehme

ich die Platte heraus und behauche sie; es zeigt sich dann das deutliche und scharfe Bild der Sonnenbahn. Denselben Versuch habe ich mit Platten von Silber, Gold, Kupfer, Neusilber, Eisen, Stahl, Messing, Zink, auch mit der ad 2 beschriebenen, aus vier Metallen bestehenden Platte angestellt, und mit demselben Erfolg. Statt der Wasserdämpfe kann man auch Dämpfe von Quecksilber, Jod u. s. w. anwenden.

Um dem Einwande zu begegnen, als wenn bei Versuchen dieser Art die Wärme den Erfolg bedinge, liefs ich das Bild der Sonne durch ein gelbes, lebhaft rothes und durch ein ziemlich helles violettes Glas gehen, und dann auf eine reine Silberplatte fallen. Als dieselbe nachher in die Dämpfe gebracht wurde, war an der Stelle, wo das gelbe Bild gewirkt hatte, die Sonnenbahn zu sehen, wiewohl nicht stark. Sehr gut erschien dieselbe da, wo das violette Bild gewirkt hatte, und von dem rothen Glase war keine Spur einer Wirkung zu sehen. Diefs voraussehend, hatte ich schon die Vorsicht gebraucht, das rothe Glas in der Axe der Linse, also in der günstigsten Lage anzubringen. Ein anderes Mal liefs ich das Bild der Sonne durch ein rothes und blaues Glas gehen, von denen jedes die Hälfte des Gesichtsfeldes einnahm. Der Erfolg war, dafs unter dem blauen Glase die Sonnenbahn deutlich erschien, unter dem rothen Glase aber nicht wahrgenommen werden konnte. Wie man sieht stimmen diese Resultate genau mit dem überein, was man anderweitig über die Wirkung der verschiedenfarbigen Strahlen weifs; mit der Transmission für die Wärme stimmen sie dagegen nicht überein. Um diefs annähernd zu ermitteln, liefs ich hiefür, wie Poggendorff vorgeschlagen hat, eine kleine Säule aus Neusilber und Eisen anfertigen, die sehr empfindlich war, wiewohl es einige Zeit erforderte ehe die Nadel sich ajustirte, was mich bewog nur auf die Richtung der Ablenkung zu achten. In der Sonne operirend, zeigte sich von den an-

VI. *Beobachtungen über di... haut und der Krys... von Hrn. Mel...*

(Ein Schreiben an Hrn. Arago. — *Com...*

In der letzten Februar-Sitzu... Academie der Wissenschaften zu ... lung gelesen, in welcher es mir, ... ist, alle neuerlich entdeckten Tha... Transmission, Diffusion und Abs... den und chemisch wirkenden Stra... Weise zu erklären. Die Arbeit, ... Gegenstände umfafst, und die Eine... aus denen die dreierlei Wirkunge... entspringen, beweist, hat mich allm... wisser organischen Erscheinungen ... gaben eine unerwartete Bestätigung... che ich in Betreff ...

Aetherundulationen erführen. Diese Vibrationen, *betrachtet in Bezug auf die verschiedenen, das Sonnenspectrum zusammensetzenden Undulationen*, würden nicht von der Quantität der Bewegung abhängen, sondern herrühren von der gröfseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Theilchen der Netzhaut dieser oder jener Aetherschwingung folgen. Es wäre, akustisch gesprochen, eine Art *Resonanz* der Netzhaut, erregt durch den *Accord* oder die *harmonische Relation*, die zwischen der *Spannung* oder *Elasticität* seiner Moleculargruppen und der Periode der einfallenden Welle vorhanden ist.

Die aufserhalb der beiden Gränzen des Spectrums liegenden Undulationen könnten auf der Netzhaut keine Vibrationsbewegung erregen, und wären sonach unsichtbar, *weil ihnen jede Art von Accord mit der Molecular-Elasticität dieser Membran des Auges abginge*. Die zwischen Gelb und Orange liegenden, also, nach Fraunhofer, dem Maximum der Lichtstärke entsprechenden Undulationen würden dagegen *die mit erwähnter Elasticität der Netzhaut homogensten Vibrationen liefern, und den Moleculen dieser Haut die ausgeprägteste Vibrationsbewegung mittheilen.*

Es versteht sich, dafs nach dieser Theorie, wie nach jeder andern, die man zur Erklärung des Sehens und der optischen Phänomene im Allgemeinen erdacht hat, die Lichtmenge abhängt von der Intensität der Strahlung, die, für uns, aus der Weite der molecularen Vibrationen entspringt; denn unter gleichen Umständen könnte z. B. der blaue Strahl des Sonnenspectrums, wegen seines schwachen *Accords* mit der Spannung der Netzhaut-Molecule, sehr wohl eine zehn Mal geringere Lichtmenge entwickeln als der gelbe Strahl; allein die leuchtende Wirkung beider Strahlen würde offenbar gleich werden, wenn die schwingenden Atome in der blauen Undulation einen zehn Mal gröfseren Raum durchliefen als die in der gelben Undulation.

Die Verhältnisse zwischen den Intensitäten dieser verschiedenen Schwingungsbewegungen des Aethers würden, nach unserer Betrachtungsweise, geliefert werden durch die verschiedenen Temperaturen, welche ein wohl mit Kienrufs überzogener thermoskopischer Körper unter dem Einflufs der Strahlungen annimmt. Nun ist die Erwärmung des Thermoskops äufserst schwach an der violetten Gränze des Spectrums, und nimmt allmälig zu in dem Maafse als man in den weniger brechbaren Farben bis zum entgegengesetzten Ende, zum Roth, hinabgeht. Die beiden Elemente der Licht-Intensität gehen also zusammen in allen zwischen dem Violett und Gelb begriffenen prismatischen Zonen. In der That, weil beim Hingange vom Violett zum Gelb die Licht-Entwicklung wächst mit der Temperatur, d. h. mit der den verschiedenen Farbenzonen angehörigen *Bewegungsgröfse*, so könnte auch der Accord der Aether-Undulationen mit der *Molecular-Elasticität* der Netzhaut in gleichem Sinne wachsen; ich wage indefs nicht zu behaupten, dafs dem wirklich so sey, denn einer der diesen Farben des Spectrums angehörigen Elementar-Strahlen könnte wohl mit der Netzhaut dieselbe *Consonanz* haben, wie das ihm vorangehende mehr brechbare Element, und blofs vermöge einer gröfseren Bewegungsgröfse eine gröfsere Lichtmenge geben. Der aufgestellte Satz von dem mehr oder weniger vollständigen *Accord* zwischen den Aether-Undulationen und der *Spannung* der die Netzhaut zusammensetzenden Nerven-Molecüle ist mithin nicht unumgänglich, um die stufenweise Entwicklung von Wärme und Licht im ganzen, vom Violett bis zum Gelb reichenden Theil des Spectrums zu begreifen. Allein dieser Satz scheint durchaus nothwendig zur Erklärung der Abnahme der Lichtstärke, die sich vom Anfang des Orange bis zum äufsersten Roth bemerklich macht. Wie könnte man sonst begreifen, *dafs eine Zunahme der Strahlungs-Kraft eine Abnahme in der Lebhaftigkeit der Licht-Empfindung*



dung hervorbrächte? Nimmt man dagegen an, dafs die orangefarbenen und rothen Undulationen eine geringere *Consonanz* auf der Netzhaut finden als die gelben, so begreift man vollkommen, dafs die ersteren eine geringere Lichtmenge geben können. Die Hypothese ist um so beifälliger als sie, wie wir bald sehen werden, bis zu ihren letzten Folgerungen verfolgt, zu einer äufserst glücklichen Erklärung der Unsichtbarkeit der dunklen Strahlen jenseits der beiden Gränzen des Sonnenspectrums, der *chemischen* und der *wärmenden*, führt, *Strahlen, bei denen man neuerlich alle Eigenschaften, welche die Lichtstrahlen in Bezug auf farbige Substanzen besitzen, aufgefunden hat*, mit Ausnahme der Sichtbarkeit, welche selbst nur eine einfache *zufällige Qualität* ist, wie ich in der oben erwähnten Abhandlung durch unwiderlegliche Gründe glaube dargethan zu haben.

Nehmen wir demzufolge an, dafs die Aether-Undulationen der verschiedenen Farbenstreifen des Spectrums eine ungleiche Fähigkeit zur Versetzung der Netzhaut in Schwingungen besitzen, und dafs das Maximum dieses Effects der gelben Farbe angehöre.

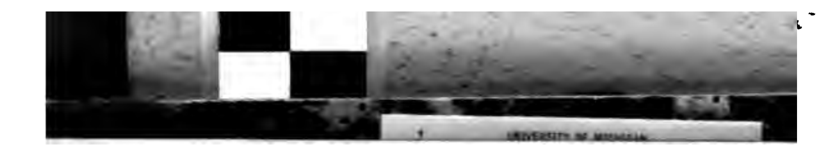
Nach dem allgemeinen Princip der Schwingungsbewegung, welche die wägbaren Theile der Materie in Folge des Accordes zwischen ihren eigenen Spannungen und den Perioden der einfallenden Undulationen erleiden (eines Princips, welches, glaube ich, von Euler herrührt, und von mir zur Erklärung der Diffusion und der Färbung der Körper angenommen wird), sind diejenigen Substanzen weifs, welche unter der Wirkung von Lichtwellen jeglicher Länge mit gleicher Leichtigkeit schwingen; wogegen die farbigen Substanzen solche sind, die unter dem Einflufs einer oder mehrer Arten von Lichtwellen mit gröfserer Intensität schwingen und sich für andere unempfindlich erweisen. Mithin ist ein Körper roth, grün oder blau, je nachdem die *Spannung* seiner Theilchen mehr *consonirt* mit der Schwingungs-

periode der rothen, grünen oder blauen Undulationen; und daraus folgt nothwendig, dafs eine Substanz, deren Theilchen unter der Einwirkung dieser oder jener Licht-Undulation besser schwingen, nothwendig farbig ist. Nun sagen wir, dafs die gelben Undulationen durch *Consonanz* das Maximum des Effects auf die Netzhaut ausüben; mithin wird, wenn unsere Voraussetzung der Wahrheit gemäfs ist, die Netzhaut gelb seyn müssen, und nicht farblos, wie man bisher geglaubt hat.

Ehe ich zur Beschreibung der von mir über diese Frage gesammelten Thatsachen übergehe, will ich bemerken, dafs der Schlufs, zu dem wir rücksichtlich der Farbe der Netzhaut gelangt sind, offenbar eine vollkommene Analogie in den Licht-Eigenschaften dieser Membran des Auges und denen der Mineralsubstanzen voraussetzt. Indefs begreift man leicht, dafs die Lebenskraft wohl der Netzhaut einen von der Farbe des Strahls abhängigen Grad von Erregbarkeit mittheilen könnte; und dafs dann diese Art von *differentieller Erregbarkeit* nothwendig beim Tode des Individuums verschwände; so dafs, wenn man die Netzhaut wirklich weifs fände, und nicht gelb, wie sie es nach unseren Schlüssen scheint nothwendig seyn zu müssen, das Princip der gröfsten Empfindlichkeit für die gelbe Farbe dennoch nicht weniger haltbar seyn würde.

Man mufs indefs glauben, dafs kein an die einfachsten Anwendungen der Optik geübter Beobachter diese köstliche Membran des Auges bisher mit gehöriger Aufmerksamkeit untersucht hat; sonst zweifle ich nicht würden die Anatomen erkannt haben, dafs die Nervensubstanz der Netzhaut nicht, wie man es noch in den Schulen behauptet, ganz weifs oder farblos sey, sondern sehr deutlich gelb.

In der That, wenn man die einzelnen Theile der Netzhaut durchsucht, entdeckt man bald in dem mittlichen Theile, dicht beim *optischen Nerv* und der *Kry-*



stall-Linse gegenüber, eine kleine gelbe Stelle, die den Namen des Sömmering'schen *Flecks* führt, aber uneigentlich, denn er wurde vor Sömmering von einem italiänischen Arzte, Buzzi mit Namen, beobachtet und beschrieben [1]). Die Farbe dieses Flecks scheint mit der zwischen dem Tode und der Zergliederung des Auges verstrichenen Zeit eher ab- als zuzunehmen, so dafs zu glauben ist, sie bestehe selbst während des Lebens, was auch einstimmig die Meinung aller Physiologen ist.

Diefs gesetzt, betrachte man nun aufmerksam einen Durchschnitt der Netzhaut; man wird finden, dafs ihre Dicke zunimmt von den Rändern nach der Mitte hin, die, wie wir so eben sagten, von dem gelben Fleck eingenommen wird. Die Beobachtung ist nicht schwierig, und kann nicht den geringsten Verdacht eines Irrthums erregen, denn sie ist von Sömmering, Langenbeck und von Hrn. Delle Chiaje, einem der genauesten Anatomen unserer Zeit, mehrmals bestätigt. Um indefs Jedermann in Stand zu setzen, sich von der Thatsache zu überzeugen, will ich die Präparationsweise angeben, die mir am einfachsten erscheint. Das Auge mufs zuvörderst in zwei Stücke zerschnitten werden, in einem ziemlich kleinen Abstande von der *Krystall-Linse* und senkrecht auf der optischen Axe. Man lege das vordere Stück bei Seite und presse die Kugel sanft, um sie von einem Theil der *Glasfeuchtigkeit* zu entleeren. Hierauf hebe man, mit vieler Vorsicht, die Netzhaut ab, ziehe sie, nachdem man den *optischen Nerv*, dicht bei der Choroidea, durchschnitten hat, heraus, und entferne die noch anhängenden Portionen von Pigment und Glasfeuchtigkeit durch wiederholtes Waschen. Nachdem die Netzhaut von allen fremdartigen Substanzen wohl gereinigt ist, theile man sie in vier gleiche Sectoren, so, dafs die beiden Trennlinien durch die

1) Buzzi; *Nuove sperienze fatte sull' occhio umano. Opuscoli scelti di Milano, per l'anno* 1782.

Mitte des centralen Flecks gehen. Endlich nehme man den Sector, der den schönsten Schnitt darbietet, und breite ihn auf einer Glastafel aus, dabei den Schnitt parallel legend einer der Seiten der Tafel und ganz dicht an den Rand. Alle diese Operationen lassen sich von Leuten des Fachs mit gröfster Leichtigkeit ausführen, indem das Auge in Wasser gelegt und successiv mit Zangen an den verschieden Theilen festgehalten wird, die man durchbohrt oder mit dem Einschneidemesser und der gekrümmten Scheere abschneidet. Der blofse Anblick der also präparirten Netzhaut reicht hin, um sich zu überzeugen, dafs diese Haut von der Mitte aus nach dem Umfang hin an Dicke abnimmt.

Da man indefs glauben könnte, dafs die Erscheinung zum Theil von den Unebenheiten herrühre, die man nie ganz von dem mittlichen Theile zu entfernen vermag, so mufs man den Schnitt der Netzhaut mit einer 50 bis 60 Mal vergröfsernden Lupe untersuchen, und dann sieht man sogleich sehr deutlich, dafs die Netzhaut an der Stelle des Buzzi'schen *Flecks* eine beträchtliche Dicke besitzt, dafs jenseits diese Dicke abnimmt, erst ziemlich rasch, dann sanft und allmälig bis zum Umfang hin. Nun weifs man, dafs durchsichtige und farbige Körper ganz farblos erscheinen, wenn sie sehr dünne Lamellen darstellen, und gerade der gröfste Theil der Netzhaut ist von dieser Beschaffenheit. Wir sehen uns also ganz natürlich zu der Annahme geführt, dafs das Gelb ihres mittlichen Theils nicht ein Fleck oder eine abgegränzte Färbung ist, sondern dieselbe Farbe, welche allen Theilen der Netzhaut angehört, die nur, wegen gröfserer Anhäufung der Materie, in der Mitte zum Vorschein kommt, dagegen sonst überall, wegen der ungemeinen Dünnheit der Haut, unsichtbar ist. Es verhält sich damit so, wie wenn man enge Glasröhren in ein mit Wein oder einer anderen gefärbten Flüssigkeit gefülltes Glas taucht; die durch die Capillarwirkung gehobene Säule scheint farb-



los, wenn die Röhren einen hinreichenden Grad von Enge besitzen.

Durch folgende Beobachtungen wird diese Meinung noch mehr unterstützt.

Der Buzzi'sche Fleck ist nicht scharf abgegränzt, sondern hat einen markigen Umring, wie es geschehen mufs, wenn eine durchsichtige Schicht ihre Farbe durch eine so plötzliche und doch stufenweise Abnahme der Dicke verliert. Trotz des Verwaschenen des Umrisses kann man jedoch annäherd die Gränzen der gelben Farbe unterscheiden, und sie auf einer Glasplatte, wenn man das System in einer fast senkrechten Richtung betrachtet, mit Dinte oder Bleistift bezeichnen. Wiederholt man hierauf die Beobachtung unter einer grofsen Schiefe, indem man den dicksten Theil der Netzhaut vor das Auge stellt, so sieht man die scheinbare Gränze zwischen dem Gelb und dem Farblosen sich von der Mitte entfernen und demgemäfs das vorhin auf dem Glase gemachte Zeichen überschreiten. Die gelbe Farbe existirt also ringsum den Fleck, und deren Unsichtbarkeit rührt einzig davon her, dafs der Gesichtsstrahl nur eine kleine Menge der Substanz durchdringt.

Ganz analoge Farbenveränderungen erscheinen auf der Netzhaut, wenn man sie im Wasser bewegt, um sie von den anhaftenden Feuchtigkeiten zu befreien; denn dann sieht man die Gränzen des gelben Flecks successiv mehre Stellen einnehmen. Besonders merkbar ist die Veränderung in den centralen Runzeln, welche bald gelb, bald farblos werden, je nach der Stellung, die sie successiv gegen das Auge einnehmen.

Endlich kann man zeigen, dafs die Farbe auch in den von der Mitte entfernteren Theilen existirt, wenn man sie zusammenfaltet; denn dann nehmen diese Falten eine gelbe Farbe an. Damit dieser Versuch wohl gelinge, mufs die Netzhaut frisch seyn, vollkommen frei von jeder Art Schleim und nicht zu lange im Wasser

gelegen haben. Auch müssen die zusammengelegten Theile einander in allen Punkten wohl berühren, ohne Zwischenlage von Luft oder anderer fremdartiger Materie. Der Grund davon ist sehr einfach. Um eine Erhöhung der Farbe zu erhalten, muſs der Durchgang des Lichts regelmäſsig geschehen; allein dazwischen befindliche Substanzen oder oberflächliche Schleimigkeiten stören gröſstentheils diesen Durchgang, sey es durch wiederholte Reflexionen und Refractionen oder durch eine Umwandlung des directen Lichts in diffuses.

Im Laufe seiner Untersuchungen hatte Buzzi Gelegenheit, die Augen zweier Männer zu zerschneiden, die mit allen Symptomen einer starken Gelbsucht gestorben waren. Der eine von ihnen hatte während seiner Krankheit keine merkbare Aenderung in den natürlichen Farben der Körper bemerkt; der andere dagegen sah in seinen letzten Tagen alle Gegenstände gelb gefärbt. Bei dem ersten Individuum zeigte der Fleck in der Mitte der Netzhaut eine kaum merkbare Zunahme seines gewöhnlichen Farbentons, und der Rest dieser Haut besaſs noch seine anscheinende Weiſse. Bei dem zweiten Individuum war aber die ganze Netzhaut gelb und der mittliche Fleck ungewöhnlich lebhaft gefärbt [1]).

Diese beiden Beobachtungen stimmen vollkommen mit unserer Ansicht von der totalen Färbung der Netzhaut; denn das Erscheinen des Gelb an den dünnen Rändern ist begleitet von einer proportionalen Verstärkung derselben Farbe an dem dickeren Theile; und wenn der Zuwachs des Gelb zu schwach ist, um eine ähnliche Wirkung an den Rändern, d. h. an dem dünneren Theile der Netzhaut, hervorzubringen, so tritt sie nur an dem dickeren Theile der Netzhaut hervor.

Der Fall mit dem Kranken, welcher die Gegenstände gelb gefärbt sah, liefert überdieſs ein Argument von der höchsten Wichtigkeit für unsere Theorie; denn diese Zwei-

1) In der oben erwähnten Abhandlung.



Thatsache beweist, dafs die Lichtstrahlen auf die Netzhaut wirken wie auf jeden andern farbigen Körper, und dafs die gelbe Farbe wirklich der lebenden Haut die Fähigkeit ertheilt, das Gelb mit einer höheren Intensität als jede andere Farbe des Spectrums wahrzunehmen.

Nach unseren Ideen über die Natur des Lichts und die von demselben in unserem Gesichtsorgan erregten Empfindung ist die Netzhaut ein Körper, dessen Theilchen in Folge ihrer *Consonanz* mit gewissen Aether-Undulationen schwingen. Auch kann man diese Membran mit einem Saiten-Instrument vergleichen, welches, ohne die Reibung oder den Stofs eines starren Körpers, durch blofse *Resonanz* tönt, d. h. vermöge der blofsen Gegenwart der in der Luft von einem äufsern Ton erregten Wellen. Nun verlieren fast alle unsere musikalischen Instrumente nach und nach den Accord ihrer Normal-Töne. Dasselbe gilt von den *Lichttönen* der Netzhaut. Wirklich erblafst und verschwindet allmälig das Gelb des mittlichen Flecks, welches für uns die natürliche Farbe der Netzhaut darstellt, in dem Maafs das Alter vorrückt. Diese Beobachtung findet sich in keinem Lehrbuche der Physiologie, welches ich zu Rathe ziehen konnte, und dennoch zeigt sie sich ungemein deutlich, sobald man Netzhäute aus verschiedenen Epochen untersucht.

Aus der Farbenveränderung der Netzhaut folgt nothwendig eine Aenderung in den Verhältnissen der Wahrnehmung der verschiedenen Strahlengattungen; allein die Natur beugt einer solchen Unordnung durch eine jener unzähligen Mafsregeln vor, welche uns beim Studium der organischen Geschöpfe auf jedem Schritt in Verwunderung setzen.

Die Krystall-Linse ist bis zum 25sten oder 30sten Jahre vollkommen klar und farblos. In diesem Alter sieht man sie eine ungemein schwache strohgelbe Farbe annehmen, welche anfangs in dem mittlichen Theile hervortritt, spä-

ter die Ränder erreicht, allmälig an Stärke zunimmt, und endlich so vorwaltend wird, dafs sie bei Greisen von 70 bis 80 Jahren bernsteinfarben ist.

Bemerken wir zuvörderst, dafs die Färbung der Mitte, während die Ränder der Krystall-Linse noch ganz farblos sind, ein genaues Bild von dem darbietet, was, nach uns, in der Netzhaut vorgeht, ausgenommen, dafs man im gegenwärtigen Fall durch die allmälige Ausbreitung der Farbe auf die ganze Masse des Mittels gleichsam eine handgreifliche Demonstration des Princips hat.

Betrachtet man nun die Wirkung, welche diese neue Farben-Entwicklung auf das Sehen ausübt, so begreift man sogleich, dafs das von der Krystall-Linse angenommene Gelb bestimmt ist, den Abgang derselben Farbe auf der Netzhaut zu erstatten. Um zu zeigen, dafs die Summe beider Veränderungen sich wirklich compensire, habe ich mir gleichzeitig mehre Augen von sehr verschiedenem Alter verschafft, die Krystall-Linsen herausgenommen und sie auf die mittlichen Theile der entsprechenden Netzhäute gelegt. Alle diese Systeme zeigten dieselbe Nüance von Gelb. Der Versuch, bis zu den beiden entgegengesetzten Gränzen ausgedehnt, ist sehr interessant; denn in der frühen Jugend ist die Färbung in der Krystall-Linse noch nicht entwickelt, glänzt dagegen in ihrer ganzen Stärke auf der Netzhaut; und im hohen Alter hat sie die ganze Krystall-Linse überzogen, während auf der Netzhaut keine Spur von ihr mehr da ist. Dann braucht man nur die alte Krystall-Linse neben die junge Netzhaut zu legen und die Nüancen beider Körper zu vergleichen; sie zeigen, ungeachtet der ungeheuren Verschiedenheit ihrer Constitution, nur eine einzige Farbe.

Die Veränderung, welche in der Wahrnehmung verschiedener Lichtstrahlen durch die allmälige Entfärbung der Netzhaut bewirkt wird, nimmt ab mit dem Vorwalten des gelben Elements, und dieses Vorwalten stellt sich



nach Maſsgabe durch den Einfluſs der Krystall-Linse wieder her. Anders gesagt: die auswählende Farbenabsorption, welche sich allmälig in der Krystall-Linse entwickelt, erzeugt während des Durchgangs der verschiedenen Strahlen solche Unterschiede in deren relativen Intensitäten, daſs sie, mehr oder weniger entfärbt auf der Netzhaut anlangend, daselbst immer dieselben Empfindungen erregen.

Das Erscheinen und Fortschreiten der gelben Farbe in der Krystall-Linse ist also ein wahrhaftes *Stimmen* (*procedé d'accordeur*), welches die Natur bewerkstelligt, um das Sehwerkzeug auf einem und demselben *Lichtton* zu erhalten.

Man begreift nun leicht, weshalb das Weiſs für unsere Augen in jedem Alter weiſs bleibt, ungeachtet der zunehmenden Färbung der Krystall-Linse. Sonst würde die Dazwischenkunft eines gelben Mittels zwischen die äuſseren Gegenstände und die Netzhaut neben der Beständigkeit in den Verhältnissen, welche die natürlichen Farben der Körper dem Auge darbieten, einen der seltsamsten Widersprüche bilden.

Diese Art Räthsel ist vielleicht die Ursache, daſs die gelehrtesten Physiker für gut befunden haben, in ihren optischen Lehrbüchern die allmälige Umwandlung der farblosen Substanz der Krystall-Linse in eine so stark wie Bernsteinsäure gefärbte mit gänzlichem Stillschweigen zu übergehen, obwohl diese Umwandlung seit einem Jahrhundert beobachtet, und den Anatomen aus der Beschreibung, die der Arzt Petit in den *Mémoires de l'académie des sciences, p.* 1730, davon geliefert hat, wohl bekannt ist. Was mich betrifft, so bekenne ich, wenig bewandert in den anatomischen Studien, gar nichts davon gewuſst zu haben, bis ein junger Physiolog, der Dr. Martino [1]), der mit erwähnter Abhandlung be-

1) Hr. Martino überreichte der Academie durch Vermittlung des Hrn. Blainville eine Abhandlung: *sur la direction de la circulation*

kannt war, meine Aufmerksamkeit auf den mittlichen Fleck der Netzhaut lenkte, und darauf die Güte hatte, mich mit seiner in zarten Zergliederungen geschickten Hand bei den oben beschriebenen Beobachtungen zu unterstützen. Es folgt daraus, wenn ich nicht irre, eine der günstigsten Presumptionen, die man nur wünschen kann, für die Wahrheit des *Satzes vom Maximum der Consonanz der gelben Undulationen mit den Molecular-Vibrationen der Netzhaut*, eines Satzes, den wir aus einer ganz anderen Quelle herleiteten, nämlich aus der allgemeinen und auf der Undulationshypothese gegründeten Discussion der Eigenschaften des Sonnenspectrums.

Die Meinung gewisser Naturforscher, die in der Wissenschaft nur Thatsachen und ihre Folgerungen anerkennen wollen, ist also in mehren Fällen dem Fortschreiten der menschlichen Kenntnisse entgegen. Wenn die so eben von mir beschriebenen Versuche einiges Licht auf die Physiologie der Farbenveränderungen in der Netzhaut und der Krystall-Linse verbreiten, so rührt diefs ohne Zweifel her von den verschiedenen Voraussetzungen über den Aether, die Schwingungen und Spannungen der Theilchen wägbarer Körper, — Voraussetzungen, die mich zunächst dahin geführt hatten, die Unsichtbarkeit der dunklen Strahlen und die drei Wirkungen der Lichtstrahlen nach dem Undulationssystem zu erklären?

Allein die Systeme, sagen die Anhänger der strict experimentellen Schule lenken die Wissenschaft vom rechten Wege ab, und führen zu deren Verderb .... Ich glaube nicht, dafs heut zu Tage der *Physik* ein solches Unglück begegnen könne, da der positive Theil derselben von Allen, welche die wahren Grundsätze dieses Fundamental-

du sang dans le système veineux rénal de Jacobson *chez les reptiles et sur les rapports entre la sécrétion de l'urine et celle de la bile*, und eine Notiz: *sur l'existence jacobsonien chez les Raies et les Torpilles.*



zweiges unserer Kenntnisse über die Eigenschaften der Körper inne haben, so gut von dem conjecturellen Theile unterschieden wird. Im Gegentheil führen die Hypothesen, weit entfernt zu schaden, oft auf Versuche, die ohne ihre Hülfe niemals erdacht seyn würden, und sie liefern immer köstliche Symbole, um sich zurechtzufinden inmitten der Unermeſslichkeit von Beobachtungen, Erscheinungen, Wirkungen, Ursachen und Erfolgen, die, ohne alles systematische Band, einen undurchdringlichen Wald, ein verworrenes Labyrinth darstellen würden, aus denen die hellsehendsten Geister, einmal hineingerathen, keine Aussicht zum Herauskommen haben würden.

VII. *Von der Eigenschaft des Kautschucks, Gase durchzulassen; von Hrn.* P e y r o n.

(*Compt. rend. T. XIII p.* 820.)

Das Kautschuck wird gemeiniglich als eine für Gase und Dämpfe ganz undurchdringliche Substanz angesehen. Die Chemiker gebrauchen es in Röhrenform, um die verschiedenen Theile ihrer feinsten Apparate zu verknüpfen, und die Physiker benutzen es statt der besten Kitte, um Glaskolben zu verschlieſsen, welche sie luftleer halten, oder in welchen sie Gase vollkommen rein aufbewahren wollen.

Da ein solches Vertrauen zu der Undurchdringlichkeit einer so allgemein angewandten Substanz in einigen Fällen die wichtigsten Resultate der Wissenschaft fehlerhaft machen kann, so nehme ich mir die Freiheit, die Aufmerksamkeit der Physiker und Chemiker auf einige Untersuchungen zu lenken, die ich sonst wegen ihrer Unvollständigkeit nicht gewagt haben würde vorzulegen.

I. Man nehme eine Glasröhre von 1 Meter Länge

und 1,5 Millim. innerem Durchmesser, und nachdem man sie an einem Ende erweitert hat, verschliefse man sie genau durch eine starke Tafel Kautschuck. Hierauf fülle man sie mit Quecksilber und kehre sie nach Art eines Barometers in einer Schale um. Die, anfangs der Barometersäule gleiche, Quecksilbersäule senkt sich sogleich und die Luft tritt allmälig durch die Poren des Kautschucks hinein. Bei einem Versuche dieser Art, bei welchem die Kautschucktafel 1 Quadratcentimeter maafs, senkte sich das Niveau innerhalb 24 Stunden um 0,06 Meter, in den zweiten 24 Stunden um 0^m,03 und in den dritten um 0^m,025. Das Sinken war also ein abnehmendes, und als die Höhe der Säule über dem äufseren Niveau 0^m,55 bis 0^m,60 war, sank sie, wenigstens in den vier bis fünf Tagen, dafs ich sie beobachtete, fast regelmäfsig um 0^m,007 (innerhalb 24 Stunden? *P.*)

II. Nun nahm ich eine Röhre von 0^m,25 Länge und 0^m,02 Durchmesser. Die Höhe der Quecksilbersäule, anfangs 0^m,22, war nach 24 Stunden nur 0^m,20. Die Kautschucktafel maafs 0^m,05 Quadrat.

Aus diesen Versuchen folgt: 1) dafs wenn ein Gefäfs, dessen Wände zum Theil aus Kautschuck bestehen, luftleer gemacht wird, die äufsere Luft durch die Poren dieser Substanz eindringt, und 2) dafs wenn eine Kautschucktafel zwei Gase von gleicher Natur aber ungleicher Spannung trennt, das dichtere von ihnen durch die Poren der Substanz zu der lockeren dringt.

III. Wenn das lange Rohr (I) mit Quecksilber gefüllt und in seiner Schale umgekehrt ist, und man leitet nun so viel Wasserstoffgas in den leeren Raum, dafs das Quecksilber um die Hälfte fällt, so sieht man bald das Quecksilber in der Röhre sich erheben. Das Wasserstoffgas, welches entweicht, wird durch atmosphärische Luft ersetzt; es findet eine Diffusion statt.

Nach 24 Stunden betrug das Steigen des Quecksilbers 0^m,01, nach den zweiten 24 Stunden nur 0^m,004,



nach drei Mal 24 Stunden etwas weniger. Das rückständige Gas verbrannte mit schwacher Verpuffung.

IV. Füllt man einen grofsen, $0^m,18$ im Durchmesser haltenden Kautschuckballon mit Wasserstoff, so dafs er von diesem Gase straff aufgeblasen ist, und man bringt ihn unter eine Glocke mit atmosphärischer Luft, so sieht man ihn bedeutend zusammensinken, und wenn man, nachdem er auf zwei Drittel seines Volums herabgekommen, das darin enthaltene Gas untersucht, so findet man es bestehend aus einem Gemenge von etwa zwei Volumen Wasserstoffgas und einem Volum atmosphärischer Luft. Auch die Glocke enthält ein Gemenge dieser beiden Gase.

Läfst man den mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon an freier Luft liegen, so verliert er nach einer gewissen Zeit alles Wasserstoffgas, und wenn sein Volum sich nicht mehr ändert, was geschieht, wenn es etwa noch ein Viertel seiner anfänglichen Gröfse beträgt, findet man darin nichts als atmosphärische Luft.

V. Wenn ein ähnlicher Kautschuckballon zu drei Vierteln mit Luft gefüllt, und oben in einer über der pneumato-chemischen Wanne mit Wasser gefüllten Glocke befestigt wird, und man läfst nun in diese Glocke bis zu ihrer gänzlichen Füllung Wasserstoffgas treten, so sieht man den Ballon allmälig anschwellen und nach zwei Mal 24 Stunden straff aufgeblasen. Untersucht man nun das Gas in der Glocke, so findet man es mit Luft gemengt, und auch der Ballon enthält ein Gemenge von Luft und Wasserstoffgas.

Wenn der Ballon, nachdem er stark aufgeblasen ist, aus der Glocke genommen und an die freie Luft gelegt wird, so entweicht alles darin enthaltene Wasserstoffgas, und die ausgetretene Luft dringt wieder hinein, so dafs die am Ende darin enthaltene Luft genau der anfangs hineingebrachten an Menge gleich ist.

VI. Wenn ein mit Luft gefüllter Kautschuckballon in eine Atmosphäre von Stickstoffoxydul gebracht wird,

so nimmt sein Volum ab, und man findet, dafs ein Austausch beider Gase stattgefunden hat. Nach einer Analyse des Hrn. Bourson, Gehülfen am Jardin des Plantes, der die Gefälligkeit hatte, mich bei allen diesen Versuchen zu unterstützen, gaben 100 Theile des im Ballon gefundenen Gases nur 16,38 Sauerstoff.

VII. Ein mit vollkommen reiner Kohlensäure gefüllter Ballon wurde 24 Stunden der Luft ausgesetzt. Das dann darin enthaltene Gas betrug 20 gegen 100 Luft. Bei diesen Versuchen wurde der Hals der (Kautschuck-) Ballone stark überbunden und darauf am Rande geschmolzen, um zusammenzukleben. Um des vollständigen Verschlusses noch sicherer zu seyn, wurden die Ränder mittelst einer Zange zusammengeprefst.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor: 3) dafs zwei Gase von verschiedener Natur und ungleicher Spannung die sie trennenden Kautschuckwände durchdringen, so dafs ein gegenseitiger Austausch beider Gase stattfindet, 4) dafs zwei Gase von verschiedener Natur und gleicher Spannung dieselbe Art von Endosmose befolgen.

Betrachtet man sorgfältig die in diesen verschiedenen Versuchen erhaltenen Resultate, so findet man darin eine neue Bestätigung des von Thomas Graham aufgestellten allgemeinen Diffusionsgesetzes [1]). Dieser sinnreiche Beobachter hat bewiesen, dafs wenn zwei Gase von verschiedener Natur aber gleicher Spannung sich freiwillig mit einander mengen, der Austausch in Volumen geschieht, die sich verhalten umgekehrt wie die Quadratwurzel aus ihrer Dichte; und dafs man die Dichtigkeit irgend eines Gases, welches mit der Luft in Diffusion gestanden hat, erhält durch die Formel

$$D=\left(\frac{A}{G}\right)^2,$$

worin G das Volum des der Diffusion unterworfenen

1) *Transact. of the Royal Society of Edinburgh*, *Vol. XI pt. I p.* 222. (Annalen, Bd. *XXVIII* S. 331.)

Gases und *A* das Volum der eingetretenen Luft bezeichnet. Da die aequivalente Diffusionszahl, wenn die Luft zur Einheit genommen wird, für Wasserstoff 3,7947, für Stickstoffoxydul 0,81 und für Kohlensäure 0,8091 ist, so begreift man die in obigen Versuchen beobachteten Volumsveränderungen. Vergleicht man andererseits das Diffusionsaequivalent des Wasserstoffs mit den Aequivalenten anderer gasförmiger Körper, und erwägt, dafs für drei Volume austretenden Wasserstoffs nur ein Volum Luft eintritt, so begreift man, wie Döbereiner zu der irrigen Annahme kam, dafs das Wasserstoffgas durch Oeffnungen gehe, die kein anderes Gas durchlassen.

VIII. Die vorstehenden Beobachtungen wurden mit Kautschuck gemacht, wie es von Para in Flaschenform zu uns gelangt. Es war nöthig zu untersuchen, ob die in den Laboratorien angewandten Blätter, in welchen diese Substanz ein anderes Ansehen besitzt, dieselbe Durchdringlichkeit besitzen würden. Ohne hier die angestellten Versuche mitzutheilen, will ich nur sagen, dafs ich in den allgemeinen Resultaten keinen Unterschied gefunden habe. Indefs will ich doch einen Versuch beschreiben, bei welchen ich die Umstände denen gleich machte, unter welchen die Chemiker operiren, und der bezweckte, das Diffusionsphänomen der Gase während deren Ausströmung nachzuweisen. Der Apparat bestand aus einem noch wenig bekannten Wasserstoffgas-Gefäfs, welches Hr. Gay-Lussac erdacht hat, um die Entwicklung dieses Gases leicht zu regeln, aus einem Rohr mit Chlorcalcium und daran einem Kautschuckrohr, welches durch einen genau verschlossenen gläsernen Vorstofs (*Manchon*) ging. An seinem anderen Ende war diefs Kautschuckrohr befestigt an einer Glasröhre, die unter eine zur Auffangung der Gase bestimmte Glocke führte. Ein mit trockner Kohlensäure gefüllter und mit einem Hahn versehener Kautschuckballon war befestigt an einer Glasröhre, die an dem, dem Wasserstoff-Entbindungs-Appa-

rat benachbarten Ende in den Vorstofs führte; und am gegenüberliegenden Ende des Vorstofses war eine andere Glasröhre, unter die eine Glocke führte.

Durch die solchergestalt in den mit atmosphärischer Luft gefüllten Vorstofs eingeschlossene Kautschuckröhre liefs ich fünf Stunden lang Wasserstoffgas durchströmen. Die Menge des ausgeströmten Gases betrug 6 Liter. Der Vorstofs hielt 0^m,5 in Länge und 0^m,04 im Durchmesser; Die Kautschuckröhre 0^m,4 in Länge und 0^m,015 im Durchmesser. Am Schlusse des Versuchs war der Hahn des frisch gefüllten Ballons offen, und die in dem Vorstofs enthaltene und von der Kohlensäure verdrängte Luft wurde unter einer Glocke aufgefangen. Nachdem die Kohlensäure durch Aetzkali absorbirt worden, zeigten 100 Theile des rückständigen Gases einen Sauerstoffgehalt von 17,64. Wasserstoffgas war also in den Vorstofs gedrungen.

Als ich statt des mit Kohlensäure gefüllten Ballons einen dieses Gas entbindenden Apparat, versehen mit einer Chlorcalcium-Röhre, nahm, konnte ich direct nachweisen, dafs zwischen den beiden Gasen, die getrennt den Vorstofs und die Kautschuckröhre durchströmten, eine Diffusion stattfand. Zu dem Ende wurde die Kohlensäure in eine mit concentrirter Aetzkalilauge gefüllte Glocke geleitet, wo also alle Kohlensäure absorbirt wurde, und nur das Wasserstoff übrig bleiben konnte; während das durch die Kautschuckröhre gegangene Wasserstoffgas in ein Gefäfs mit Kalkwasser geführt wurde, wo sich die geringste Spur von Kohlensäure verrathen mufste.

IX. Es blieb nun noch übrig, ein Mittel aufzusuchen, dieser Durchdringlichkeit des Kautschucks für Gase möglichst abzuhelfen. Ich nahm die kleine Röhre (II) von 0^m,25 Länge, in welcher sich das Quecksilber in 24 Stunden zwei Centimeter gesenkt hatte. Ich wiederholte den Versuch mit derselben, nachdem ich sie auswendig zwei Mal mit Leinöl bestrichen hatte. Nach 24 Stunden be-

trug



trug das Sinken des Quecksilbers nur ein Centimeter. Hierauf liefs ich die ganze Kautschucktafel zwei Stunden lang in heifsem Leinöl maceriren und wiederholte dann den Versuch. Diefs Mal betrug die Senkung des Quecksilbers nach Ablauf dreier Tage höchstens 0^{m},001.

X. Endlich will ich noch einen Versuch anführen, wobei ich die Durchdringlichkeit des Kautschucks mittelst eines elektrischen Stroms nachwies. Als eine Tafel aus dieser Substanz statt der Blase zu einem kleinen galvanoplastischen Apparat genommen wurde, ward das Kupferoxyd des Sulfats reducirt, obwohl in sehr geringer Menge. Ein Galvanometer mit dickem Draht gab eine Ablenkung von 4° bis 5°; bei einem Galvanometer mit 1500 Windungen dünnen Drahts betrug sie 40°.

VIII. *Thermo-chemische Untersuchungen; von H. Hefs.*

(Schlufs von Seite 479.)

Thermo-chemische Constitution des schwefelsauren Zinks

121) Es ist ohne Zweifel von grofsem Interesse, die bei Bildung irgend eines Salzes entwickelte Wärme zu kennen. Für den Augenblick halte ich kein Salz für geeigneter hiezu, als das schwefelsaure Zink. Diefs hat mich veranlafst, es zu studiren. Diefs Salz besteht im krystallisirten Zustand aus $\dot{Z}n\dddot{S}+7\dot{H}$. Seit langer Zeit weifs man, dafs es an einem trocknen Ort verwittert und $6\dot{H}$ verliert; allein das letzte Atom Wasser hält es mit ziemlicher Kraft zurück, weshalb man es, nach den scharfsinnigen Bemerkungen von Graham, $\dot{Z}n\dddot{S}\dot{H}+6\dot{H}$ schreibt.

122) Wenn man das krystallisirte Salz in Wasser löst, so findet eine Wärme-Absorption statt. Da die Menge derselben sehr klein ist, so konnte der Versuch, der deren Bestimmung zum Zweck hatte, nur auf dem Wege der Mengung gemacht werden. Die folgende Tafel giebt an: 1) das Gewicht des Glasgefäfses, berichtigt wegen seiner specifischen Wärme, oder dessen Werth in Wasser, ausgedrückt in Grammen, 2) die Menge des aufgelösten Wassers, 3) die Menge des zu seiner Auflösung angewandten Salzes, 4) die specifische Wärme des entstandenen Gemenges, wie sie der directe Versuch gab, 5) die beobachtete Senkung des Thermometers, 6) endlich das für ein Aequivalent Salz berechnete Resultat: O=1.

Wasserwerth des Glasgefäfses.	Gelöstes Salz	Angewandtes Wasser.	Specifische Wärme der Lösung.	Senkung des Thermometers.	1 Atom $Zn\dot{S}+7\dot{H}$ absorbirt Wärme.
65	63grm,87	800	0,9611	—1°	250,5
43	63 ,8	400	0,9074	—1 ,6	251,8
65	102 ,1	400	0,9136	—1 ,6	253,3
65	100	800	0,9136	—1 ,6	252,7
65	100	800	0,9136	—1 ,5	236,9
65	100	800	0,9136	—1 ,6	252,7
				Mittel	254,4.

123) Zur Bestimmung der Wärmemenge, die sich bei der Verbindung von $Zn\ddot{S}\dot{H}$ mit $6\dot{H}$ entbindet, löste ich, wie beim vorhergehenden Versuch, das Salz, welches nur noch ein Atom Wasser enthielt. Um mich indefs zu versichern, dafs das Salz wirklich nur ein Atom Wasser enthalte, glühte ich einige Grammen. Der Rückstand betrug 89,86 Proc. Nach Berzelius's Tafel hätten es 89,9 seyn sollen. Das efflorescirte Salz enthielt also in der That nur ein Atom Wasser.



Wasserwerth des Glasgefäfses.	Gelöstes Salz.	Angewandtes Wasser.	Specifische Wärme der Lösung.	Temperatur-Erhöhung.	1 Atom $ZnS\dot{H}$ entwickelt Wärme.
65	34grm,04	800	0,98	2°,1	614,4
45	25 ,09	400	0,9335	3	589,4
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,75	592,2
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,8	600,2
65	62 ,3	837,7	0,9136	3 ,7	584,3
65	52 ,3	837,7	0,92	3 ,2	599,5
				Mittel	596,6.

124) Um die von dem wasserfreien Salz mit dem ersten Atome Wasser entwickelte Wärmemenge zu erhalten, löste ich auch dieses.

Wasserwerth des Glasgefäfses.	Gewicht des Salzes.	Gewicht des Wassers.	Specifische Wärme der Lösung.	Temperatur-Zunahme.	1 At. wasserfreies Salz entwickelt Wärme.
65	56grm	844	0,9136	7°,6	1202
65	34 ,04	800	0,9611	4 ,6	1177
65	56 ,	844	0,9136	7 ,55	1194
65	40 ,	602,4	0,9136	7 ,4	1200
				Mittel	1193.

125) Um zu erfahren, wie viel Wärme bei Verbindung der Schwefelsäure mit Zinkoxyd entwickelt werde, bereitete man dieses Oxyd durch Verbrennung des Metalls. Das Oxyd erwies sich nicht ganz rein; es hinterliefs einen unlöslichen Rückstand von 1,86 Proc. Die unten angeführten Mengen dieses Oxydes sind hienach berichtigt. Der Versuch wurde im Calorimeter angestellt. Man kann nicht concentrirte Schwefelsäure zu diesen Untersuchungen anwenden. Selbst wenn man mit schwacher Säure operirt, darf man das trockne Oxyd nicht darauf schütten, denn es würde sich fast augenblicklich eine feste Masse bilden, die sich nur sehr langsam löste. Am besten ist es, das Oxyd zuvor im Calorimeter mit

einer hinreichenden Menge Wasser zu mengen. Es entwickelt sich dabei keine Wärme. Dann beobachtet man das Thermometer, und nun erst fügt man die Säure hinzu; ich nahm die mit 6 Atomen Wasser $=\dot{H}^6\dddot{S}$. Bei Berechnung dieser Versuche nahm ich, nach Regnault's Untersuchungen, die specifische Wärme des Żinkoxyds $=0{,}1248$, die der angewandten Schwefelsäure $=0{,}6157$. Endlich setzte ich voraus, dafs, innerhalb der Dichtigkeitsgränzen der entstandenen Flüssigkeit, die specifische Wärme dieser aus den specifischen Wärmen ihrer Elemente zusammengesetzt sey. Es läfst sich für jetzt nicht behaupten, dafs diese Voraussetzung ganz richtig sey; allein, es ist wenigstens gewifs, dafs sie in vorliegendem Fall nur wenig von der Wahrheit abweichen kann.

Hier die Data des Versuchs:

	I.	II.	III.
Temper. d. umgebend. Luft	19° C.	19° C.	17° C.
dito d. Flüssigk. *vor* d. Vers.	17 ,1	15 ,9	12 ,2
dito dito dito *nach* dito	20	20 ,3	17 ,7
Temperatur-Zunahme	2 ,9	4 ,4	5 ,6
Angewandtes Zinkoxyd	86 ,7	131 ,8	168
Wasser, inwendig zugefügt	300	300	500
Angewandte Säure $\dot{H}^6\dddot{S}$	211 ,5	423	423
Apparat und Wasser	10427	10427	10427
Wärme, von 1 At. $\dot{Z}n$ entwickelt	1879	1883	1822.

Es ist wesentlich zu bemerken, dafs diese Zahl noch all die Wärme enthält, welche die Säure $\dot{H}^6\dddot{S}$ mit Wasser entwickelt haben würde. Man wird auch bemerken, dafs, nachdem alles Zinkoxyd gelöst ist, ein mehr oder weniger beträchtlicher Ueberschufs an Säure zurückbleibt, und dafs die von diesem entwickelte Wärme gar nichts mit dem Zweck unserer Untersuchung zu schaffen hat. Man mufs sie also in Rechnung ziehen, und die erhal-



tene Wärme auf vollständig mit Wasser verdünnte Schwefelsäure zurückführen. Man erhält alsdann:

I.	II.	III.	Mittel.
1633,5	1630,8	1563,0	1609,1.

126) Um daraus die zwischen $\dot{Zn}$ und $\dddot{S}$ entwickelte Säure abzuleiten, fügen wir alle von Wasser und Säure entwickelte Wärme hinzu.

So haben wir	1609,1
Wärme, vom Wasser (§. 105)	2566
	4175,1
Wärme, vom $\dot{Zn}\dddot{S}$ mit $7\dot{\bar{H}}$ (§. 124)	1193
Also für $\dot{Zn}+\dddot{S}$	2982,1.

127) Anlangend die durch Oxydation des Zinks entwickelte Wärme, so hat Dulong drei Versuche gemacht, die gaben:

für ein Liter Sauerstoff	7599 ;	7378 ;	7753
- - Gramm -	5307 ;	5153 ;	5414.

Ich glaube das Mittel dieser Zahlen annehmen zu müssen. Dasselbe ist 5291.

128) Die bei Bildung des schwefelsauren Zinkoxyds entwickelte Wärme ist also:

$Zn+O$	5291
$S+O^3$	6391
$\dot{Zn}+\dddot{S}$	2982,1
$\dot{Zn}\dddot{S}+\dot{\bar{H}}$	596,4
$\dot{Zn}\dddot{S}\dot{\bar{H}}+6\dot{\bar{H}}$	805,8
	16111,3.

Von dieser Menge werden 254,4 bei Lösung des Salzes verschluckt. — Die Zahl, welche die entwickelte Wärme ausdrückt, bezieht sich auf die Stelle, welche das Zeichen + in der Formel einnimmt.

129) Es haben so viel Zahlen und Versuche zur Bildung dieser Tafel beigetragen, dafs es unmöglich ist, ihr volles Vertrauen zu schenken. Der Experimentator, der in einem solchen Falle nicht Anstofs fände, würde sich wahrscheinlich bald irren. Man mufs also ein Prüfungsmittel aufsuchen, und dieses bietet sich von selbst dar: die Erzeugung derselben Verbindung auf anderem Wege. Im gegenwärtigen Fall bietet uns die Lösung des Zinks in Säure das Mittel dar; und eben deshalb wählte ich eigends das schwefelsaure Zinkoxyd.

Von der Lösung des Zinks in Säuren.

130) Mag man Wasserstoff darstellen, oder den Vorgang in der Säule studiren wollen, so hat man Zink in Säure zu lösen. Diese Lösung wird von einer Wärme-Entwicklung begleitet, die genau zu kennen von Nutzen ist. Vor zwei Jahren hatte ich versucht, sie zu bestimmen; allein, eines Ausgangspunkts entbehrend, wufste ich nicht, worauf die erhaltenen Zahlen zu beziehen seyen.

Als Mittel aus 15 Versuchen fand ich, dafs ein Atom Säure $\dot{H}^6\dddot{S}$ an Wärme 545 entwickelt ($\dddot{S}=1$); auf O=1 bezogen, giebt diefs:

für ein Atom Zink	2731°
Wärme, von der Säure	233
	2498.

Ich wiederholte den Versuch, um zu sehen, ob ich noch jetzt dieselbe Zahl finden würde, und erhielt, nach vollzogener Berichtigung 2529 und 2531.

131) Man mag Zinkoxyd oder Zink in Schwefelsäure lösen, so ist das Product in beiden Fällen das nämliche, obwohl der Procefs verschieden ist. Wir können also die in beiden Fällen verausgabten Wärmemengen vergleichen. Sie werden eine Gleichung darstellen, deren beide Seiten ein und dasselbe Glied enthalten und

diefs ist die bei Bildung der Schwefelsäure entbundene Wärme, welche wir vernachlässigen.

Die erste Zahl besteht offenbar aus der bei Oxydation des Zinks und der bei Lösung des Oxyds entwikkelten Wärme. Die zweite Zahl besteht natürlich aus der bei Lösung des Metalls entbundenen Wärme plus einer gewissen unbekannten Gröfse. Für diese finden wir 4371, was beinahe die bei Oxydation des Wasserstoffs entbundene Wärme ist. Offenbar wird, bei Bildung des schwefelsauren Zinkoxyds durch Lösung des Zinks, das Metall nicht durch freien Sauerstoff oxydirt, sondern durch den Sauerstoff, der bei seiner Verbindung mit Wasserstoff einen Theil seiner Wärme entwickelt hat. Um also die ganze Wärmesumme zu erhalten, mufs man alle bei Bildung des Wassers entbundene Wärme hinzufügen und den Wasserstoff in Freiheit setzen. Diefs bewirkt sich von selbst; man braucht nur die angedeutete Addition zu vollziehen. Wir haben also:

$Zn + O$	5291	und	$H^2 + O$	4350
$Zn + \dot{S} Aq$	1609	-	$\dot{Z}n + \dot{S} Aq$	2529
	6900			6879

Der Unterschied beider Zahlen, 21, überschreitet in keiner Weise die Gränzen der Beobachtungsfehler. Es ist selbst nicht wahrscheinlich, dafs sich die Fehler blofs auf der einen Seite befinden. Unter allen diesen Zahlen scheint mir die wenigst zweifelhafte die zu seyn, welche der Lösung des Zinkoxyds in der Säure entspricht, dann die, welche der Lösung des Metalls in der Säure zukommt.

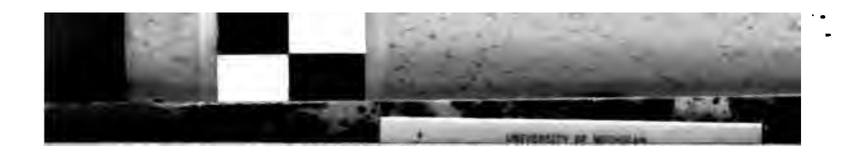
132) Es scheint mir von Interesse für die Wissenschaft, bei dieser Prüfungsweise zu verweilen. Vereinzelte Versuche liefern keine Gewähr. Am schwierigsten ist gewifs, sich selbst vor Irrthümern zu hüten. Bei einem so schwierigen Gegenstande kann man sich nicht genug gegen sein eigenes Urtheil verwahren, und deshalb

wird diese Prüfung, welche gänzlich auf den *Satz von der Beständigkeit der Summen* beruht, köstlich. Auch war er mir im gegenwärtigen Fall von großer Hülfe. Ich gelangte nicht sogleich zu recht übereinstimmenden Zahlen; ich begann zu glauben, die aus der Lösung des Zinkoxyds in Schwefelsäure entspringende Wärme sey 1882. Allein, da bei dieser Annahme die Beständigkeit der Summen nur ziemlich angenähert stattfand, ward ich genöthigt alle meine Rechnungen wieder durchzusehen, und da fand ich, dafs, weil die Säure im Ueberschufs angewandt worden war, ein Theil der entwickelten Wärme von ihr herrührte. Nach Abzug dieser Menge fand ich nun, dafs die Zahl 1654 sey. Die Uebereinstimmung ist ziemlich genügend, da die Abweichung nicht mehr als 66 auf 6900 beträgt. Nachdem ich jedoch zu einem anderen, eben erwähnten Prüfungsmittel geführt worden war, fand ich, dafs die durch Lösung des Zinkoxyds in Schwefelsäure entstehende Wärme nur 1606 bis 1610 betrug. Beim Aufsuchen der Ursache dieser Mifsstimmung fand ich, dafs die Berichtigung, wegen der aus der Säure herrührenden Wärme, nach der früher für die Schwefelsäure angenommenen Zahl gemacht worden war, und dafs, von der im §. 105 angenommenen Zahl ausgegangen, das berichtigte Resultat, wie angegeben, 1609 wurde.

133) Um Rectificationen zu erhalten, suchte ich zu bestimmen, welche Wärmemenge sich bei Lösung des Zinkoxyds in Schwefel-, Salpeter und Chlorwasserstoffsäure entwickle. Alle diese Versuche wurden nach der Methode der Mengung, also ohne Hülfe des Calorimeters gemacht. Wohl verstanden, war die Säure vollständig mit Wasser verdünnt, so dafs sich die erhaltene Wärme nur auf das Zinkoxyd bezieht. Für ein Aequivalent Zink erhielt ich

Schwefelsäure:

1605 ; 1598 ; 1636 ; Mittel 1610



Salpetersäure:

1476 ; 1474 ; 1468 ; Mittel 1472

Chlorwasserstoffsäure:

1251 ; 1275 ; 1300 ; Mittel 1275,3.

134) Zu gleicher Zeit, da ich die bei Lösung des Zinks in Schwefelsäure entwickelte Wärme zu bestimmen suchte, machte ich auch ähnliche Versuche mit Salzsäure. Ich fand, dafs ein Aequivalent Zink entwickelte 2185

Nimmt man aus §. 133 die bei Lösung des Zinkoxyds in derselben Säure entwickelte Wärme, so hat man:

$Zn + O$	$= 5291$	$Zn + HCl$	$= 2185$
$\dot{Zn} + HCl$	$= 1275$	$H^2 + O$	$= 4350$
	6566		6535.

135) Ich habe noch eine Zahl zu prüfen, die, im §. 118 für die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Bleioxyd erhaltene. Sie war 1454. Um sie zu prüfen, ging ich vom Satz der Thermoneutralität aus (§. 69), und suchte, zwei Salze, welche vollkommen *thermo-neutral* seyen, d. h. sich, zusammengemengt, ohne alle Temperaturänderung gegenseitig zersetzen. Da ich mich zuvor überzeugt, dafs diefs der Fall sey, wenn man Lösungen von schwefelsaurem Zink und von salpetersaurem Blei vermische, suchte ich für diese die thermischen Elemente auf.

136) Immer die Säure als vollständig mit Wasser verdünnt, und daher keine Wärme entwickelnd, vorausgesetzt, fand ich mittelst Mengung:

Bleioxyd und Salpetersäure 1320.

Wir haben also:

$\dot{Zn}\dddot{S}$	$= 1616$	und	$\dot{Zn}\ddot{\ddot{N}}$	$= 1472$
$\dot{Pb}\ddot{\ddot{N}}$	$= 1320$	also	$\dot{Pb}\dddot{S}$	$= 1458$
	2930			2930.

Wer über dieses Resultat nachdenkt, wird sogleich bemerken, dafs alle diese Zahlen eine uns unbekannte Gröfse enthalten, nämlich die Wärme, welche, wie wir an-

nehmen müssen beim Uebergang des Zink- und des Bleioxyds in den Auflösungszustand verschluckt wird. Dagegen würde das schwefelsaure Bleioxyd, indem es sich niederschlägt, Wärme entwickeln müssen; und doch findet Thermo-Neutralität statt.

Was die Lösung des Zinkoxyds betrifft, so begreift man leicht, daſs sie das Resultat nicht trüben kann, da sie auf beiden Seiten stattfindet. Anders verhält es sich mit der Lösung des Bleioxyds, die nur in dem einen Fall und nicht in dem anderen geschieht. Es scheint also, daſs, wenn man, trotz der Unlöslichkeit des schwefelsauren Bleioxyds, keine Temperaturveränderung bemerkt, eine Temperatur-Compensation stattfinden müsse, und diese könnte wohl in der Wassermenge liegen, die sich in beiden Fällen mit den Salzen verbindet. Diese Menge ist nicht gleich. Das schwefelsaure Zinkoxyd enthält 7 Atome Wasser, das salpetersaure dagegen nur 6; ein Atom wird also in Freiheit gesetzt und muſs Wärme entwickeln. Es bedarf mithin einer besonderen Untersuchung, um diesen Punkt aufzuklären.

137) Neuerdings ist die Aufmerksamkeit der Physiker, die sich mit der Volta'schen Säule beschäftigen, auf die Wärme-Erscheinungen bei derselben hingelenkt worden. Ich erinnere nur an die interessante Abhandlung, die Hr. Joule im Octoberheft 1841 des *Philosophical Magazine* (*On the heat evolved by metallic conductors of Electricity and in the Cells of a Battery*) veröffentlicht hat. Hr. Joule bemerkt, daſs man, um sich eine richtige Idee von der in der Zelle erzeugten Wärme zu machen, alle aus einer nicht elektrolytischen Quelle entspringende Wärme eliminiren müsse. Und da er es als bewiesen ansieht, daſs die Verbindung eines Oxyds mit einer Säure zu dieser Klasse gehört, so hält er es für nothwendig die beobachtete Wärme zu berichtigen um die ganze Wärmemenge, die bei Lösung des Zinkoxyds in der Säure

entsteht. Der Verfasser hat mehre Versuche gemacht, diese Menge zu bestimmen, und im Mittel gefunden, dafs 100 Gran Zinkoxyd bei Lösung in Schwefelsäure eine Wärmemenge liefern, die zwei Pfund Wasser um 3°,44 F. in der Temperatur erhöhen. Nach Reduction mit diesen Zahlen findet man, dafs die bei Lösung eines Atoms Zink entstehende Wärme, Hrn. Joule zufolge, 1108 ist. Wir haben gesehen, dafs sie 1660 beträgt. Mithin ist die von ihm gefundene Zahl im Verhältnifs 11 : 16 zu klein.

Als Wirkung der Säule erhielt Hr. Joule eine Temperatur-Erhöhung von 4°,6 F. in zwei Pfund Wasser. Die wegen der aus dem Zinkoxyd entspringende Wärme zu machende Berichtigung ist, bezogen auf die gelöste Metallmenge, 2°,5. Er sagt uns also, dafs 4°,6 — 2°,5 = 2°,1 die Wärme aus der Volta'schen Wirkung (*the correct voltaic heat*) vorstelle. Ich mufs indefs bemerken, dafs die Berichtigung, die er angebracht, im Verhältnifs 11 : 16 zu gering ist. Sie ist also 3,63, und es bliebe folglich nur 0°,97 für die Wärme aus der Volta'schen Wirkung.

Unter thermo-chemischem Gesichtspunkt erleidet offenbar dieser Versuch eine ganz andere Auslegung. In der That ist es das Zink, welches gelöst wird; und die aus dieser Lösung entspringende Wärme ist 2529, d. h. sie steht zu der vom Verfasser angegebenen Berichtigung im Verhältnifs 11 : 25, und diefs giebt 5°,68. Der Versuch des Hrn. Joule giebt nicht einmal Rechenschaft von aller entwickelten Wärme, und das müfste geschehen, da sein Apparat nicht von der Art war so viel Wärme zu sammeln.

Wesentlich scheint mir, festzustellen, ob der Volta'sche Strom an sich eine Wärmequelle sey. Zu dem Ende ist es nothwendig, alle bei Lösung des Metalls in Säure entstehende Wärme in Rechnung zu nehmen. Diese Menge ist unabhängig von der Natur des Gefäfses, in

welchem die Auflösung geschieht; ich habe durchaus *dieselbe Zahl* erhalten, ich mochte ein *Glasgefäfs* oder einen *Kupfer-Apparat* anwenden.

(Wird vom Verfasser nächstens fortgesetzt.)

IX. *Ausstrahlung des Schnees.*

Boussingault hat im letzten Winter einige Beobachtungen gemacht, um zu erfahren, ob der Schnee, welcher besäeten Boden bedeckt, gleich einem Schirm wirke, denselben gegen die nächtliche Ausstrahlung schütze. Er bediente sich dazu dreier Thermometer. Das erste lag auf dem Schnee, aber seine Kugel war während der Nacht mit einer etwa 2 bis 3 Millimeter dicken Schicht von pulverigem Schnee bedeckt. Das zweite lag unter der Schneedecke, mit der einen Seite seiner Kugel den Erdboden berührend. Das dritte hing in freier Luft, 12 Meter über dem Boden, im Norden eines Gebäudes, und geschützt vor zu grofser Ausstrahlung. Die Schneedecke war $0^m,1$ dick, und lag auf einem mit Winterkorn besäetem Felde. Die Sonne schien an den Tagen der Beobachtungen mit voller Kraft auf das Schneefeld.

1842.				Thermometer		
				unter d. Schnee.	auf d. Schnee.	in d. Luft.
1)	11.	Febr.	$5^h \frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,5	+ 2°,5
2)	12.	-	7^h Morg.	—3°,5	—12 ,0	—3°,5
3)	-	-	$5^h \frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,4	+ 3°,0
4)	13.	-	7^h Morg.	—2°,0	— 8°,2	—3°,8
5)	-	-	$5^h \frac{1}{2}$ Ab.	0°	— 1°,0	+ 4°,5
6)	14.	-	7^h Morg.	0°	+ 0°,5	+ 2°,0

Bemerkungen. — 1) Sonne seit einer halben Stunde hinter Bergen; Himmel wolkenlos; Luft sehr ruhig. — 2) Nacht sehr schön, keine Wolken, windstill; um 7^h noch kein Sonnenschein auf dem Feld. — 3) Sonne schon hinter Bergen. — 4) Luft etwas unruhig, Himmel grau. — 5) Luft ruhig, Himmel bedeckt, Sonne hinter Bergen. — 6) Westwind, feiner Regen. — (*Compt. rend. T. XIV p.* 405.)



X. *Bemerkungen über Hrn. Prof. Sefström's Untersuchung über die auf den Felsen Scandinaviens vorhandenen Furchen; und über Hrn. Böthlingks Notiz: Einige Verhältnisse in dem Erscheinen der Diluvial-Schrammen in den Scandinavischen Gebirgen, welche der Gletschertheorie des Hrn. Agassiz zu widersprechen scheinen;*

von Escher von der Linth.

Hr. Prof. Sefström [1]) schreibt die Entstehung der Furchen auf dem Felsboden Scandinaviens der Wirkung einer mächtigen Fluth zu, und Hr. Böthlingk [2]) sucht darzuthun, dafs diese Furchen nicht durch Gletscher hervorgebracht seyn können.

Da ich Scandinavien aus eigener Anschauung nicht kenne, so bin ich auch weit entfernt mir ein bestimmtes Urtheil über den Grund der dortigen Diluvialschrammen anmafsen zu wollen; es scheint mir indefs, dafs gerade die so genaue Beschreibung, welche man Hrn. Sefström von dieser Erscheinung verdankt, und die von Hrn. Böthlingk aufgestellten Einwürfe nicht nur der Entstehung durch Gletscher nicht widersprechen, sondern ihr sogar günstig sind.

In Uebereinstimmung mit den Beobachtungen des Hrn. Sefström bemerkt Hr. Böthlingk:

1) »An dem von Hrn. Sefström abgebildeten, gerundeten Felsen folgen die über den höchsten Rücken gehenden Furchen alle einer gleichen Richtung; auf beiden Seiten folgen sie der Convexität des Felsens; von

1) Annalen, Bd. XXXXIII S. 533.

2) *Compt. rend. T. XII p.* 1224.

der Mitte des Felsens an biegen sie sich wieder einwärts. Diese, bei jedem Schritte sich wiederholende Erscheinung beweist, daſs die Körper, welche die Ausfurchung bewirkten, trotz ihrer bestimmten Richtung, diese doch ändern konnten, wenn ein Widerstand, wie ein Felsen, sie zum Ausweichen zwang, daſs sie sich aber hinter dem Felsen einander wieder näherten, weil das Hinderniſs hier plötzlich aufgehört hatte. Wir überlassen es nun zu beurtheilen, in wiefern eine solche Beweglichkeit der furchenden Körper sich mit der Idee eines so viel als unbeweglichen Gletschers vereinigen lasse.«

Hr. Sefström führt indeſs selbst an diesem Felsen bei *a*, *b*, *L*, *M* Furchen an, deren Richtung ihm schwierig zu erklären scheint. Die bedeutenden Abweichungen, welche die Furchen in einem groſsen Theile Scandinaviens von der Normalrichtung haben, und die so auffallende Verschiedenheit ihrer Richtung an mehreren nahe bei einander liegenden Stellen ist nicht weniger räthselhaft. Noch andere Abweichungen in der Richtung der Furchen glaubt Hr. Sefström mit Stillschweigen übergehen zu sollen, bis man durch fernere Beobachtungen in den Stand gesetzt sey, genauere Betrachtungen über die Richtung der Geröllfluth anstellen zu können.

Hieraus geht hervor, daſs die Richtungen der Furchen wenigstens gegenwärtig durch die Annahme einer Geröllfluth noch nicht befriedigend erklärt sind.

Vergleicht man nun den von Hrn. Sefström abgebildeten Felsen mit einem Fels, der zeitweise durch einen Sand, Gerölle und mächtige Blöcke fortwälzenden Strom bedeckt und dabei abgerieben worden ist [1]), so zeigen die beiden Felsen nicht die nämlichen Formen. Die hauptsächlichsten Verschiedenheiten sind folgende:

1) Die Bette fast aller Gebirgsströme liefern Beispiele von solchen Felsen; Felsen, die in der Tiefe der Strombette beständig unter Wasser bleiben, werden gewiſs ganz ähnlich abgerieben, wie die ersteren; da man sie aber nicht genauer untersuchen kann, so schien mir die Vergleichung der andern zweckmäſsiger.

a) Der abgebildete Fels ist bloſs an der Stoſsseite abgerundet; an der Leeseite sind die Kanten gröſstentheils scharf geblieben; die Beschreibung hebt ausdrücklich hervor, daſs dieselbe Erscheinung sich an allen Bergen und Felskuppen des Furchenbezirks wiederhole.

Die Felsen dagegen, welche durch Geröll und Blöcke führende Ströme abgerundet und geschliffen worden, sind nicht bloſs an der Stoſsseite, sondern auch an der Leeseite mehr oder weniger abgerundet und ausgeschliffen, oft (bei günstiger Form) eben so sehr wie an der Stoſsseite. Es ist dieſs auch sehr natürlich; der Sand und die Steine, welche von der Stoſsseite her durch die Gewalt des Wassers über den ganzen Felsen weggetrieben werden, müssen, an der Leeseite hinabgleitend, die ursprünglich scharfen Ecken und Kanten der letzteren abrunden und ausfurchen. Ausnahmen von dieser Regel sind bloſs für die Fälle denkbar, wo die Leeseite aus einer so viel als senkrechten oder überhängenden Wand besteht; ich besinne mich indeſs nicht mit Bestimmtheit auf ein solches Beispiel.

b) Hr. Sefström sagt:

„Die über den höchsten Rücken des Felsens gehenden Furchen folgen alle einer gleichen Richtung, wie wenn sie mit einem Lineal gezogen wären. Stellt man sich dagegen vor die Nordseite des Felsens, d. h. dorthin, von wo der Geröllstrom gekommen ist, mit dem Gesicht nach Süden gewandt, so findet man, daſs die (laut einer anderen Stelle ziemlich horizontal fortlaufenden) Furchen auf der Westseite nach der Rechten, auf der Ostseite nach der Linken abweichen.“

Ich habe mich nun sehr häufig in felsigen Betten von Bergströmen in die Richtung des Stromes gestellt, und auf diese Weise an den *tiefsten* Stellen des *Rinsals* allerdings zuweilen mehr oder minder tiefe Furchen entdeckt, die in gerader Linie ziemlich weit fortliefen; jedoch waren sie fast nie gleichförmig breit und tief. Es

ist mir aber nie gelungen, weder an frei aus dem Strombette herausragenden Felsmassen, noch an dessen Seitenwänden Furchen zu sehen, die auch nur einige Fufs weit einer bestimmten Richtung gefolgt wären, sondern die Felsen waren in diesen Fällen entweder ziemlich gleichförmig abgeschliffen oder sie zeigten eine Menge unregelmäfsiger, oft flacher, oft tiefer Aushöhlungen und buckelförmiger Erhöhungen. Fragt man sich überhaupt, welche Wirkungen ein mit Geschieben belasteter Strom auf die Seitenwände seines Bettes ausüben müsse, so wird man es gewifs wahrscheinlicher finden, dafs die Abrundung und Ausfurchung sehr ungleichförmig sey, wie die Erfahrung zeigt, als dafs bestimmte Furchen entstehen, die auf ziemlich grofse Entfernungen derselben Richtung folgen.

In der That, die Geschiebe werden an der Stofsseite durch den Wasserschwall meist bald über diese, bald über jene Stelle der aufsteigenden Felsfläche hingewälzt; ihre Wirkung wird daher auch gewöhnlich ziemlich gleichförmig und der Fels hier glatt abgerieben seyn; an den Seitenwänden wird die Wirkung ebenfalls entweder ziemlich gleichförmig oder ungleichartig seyn, je nach der Gestalt des Strombetts; jedenfalls aber läfst sich die Möglichkeit von Furchenbildung, namentlich von fast horizontaler, gar nicht einsehen. Welche Schnelligkeit man auch dem Strome geben möge, so kann man doch unmöglich annehmen, dafs ein Geschiebe, wenn es einmal die Uferwand berührt, längs dieser in horizontaler Richtung fortgetrieben werden könne, ohne sich umzudrehen, ohne abzuprellen und ohne auf den Boden zu fallen.

c) Hr. Sefström spricht auch von Furchen, die so fein seyen, dafs man das Gestein in der richtigen Beleuchtung betrachten müsse, um ihre Richtung aus der Abwechslung von Licht und Schatten bestimmen zu können; diese Furchen sind, nach Hrn. Sefström, der Richtung der



der Fluth ohne Abweichung gefolgt, und laufen zuweilen mit den groben Furchen nicht parallel.

Die HH. v. Charpentier und Agassiz haben uns bereits in ihren Werken über die Gletscher und den Transport der Fündlinge versichert, dafs ein Wasserstrom nie solche feine Furchen hervorbringe; ich mufs mich völlig ihrer Ansicht anschliefsen. Denn obgleich ich mich im verflossenen Jahre in vielen der wildesten Gebirgsfluthen der Schweiz bemüht habe, solche feine Furchen an den vom Strome abgerundeten Felsen aufzufinden, und mich an trocknen Stellen auf den Boden hinlegte, um die Oberfläche recht genau untersuchen zu können, so habe ich doch auf *keinem* Gesteine solche *feine* Furchen mit irgend einiger Bestimmtheit sehen können; und doch waren an manchen Orten so sehr alle Verhältnisse vereinigt, welche die Entstehung solcher Furchen begünstigen können, dafs sie hätten entstehen müssen, wenn überhaupt die Geschiebe oder Blöcke, welche ein Strom fortwälzt, dergleichen Furchen in seinem Bette oder an seinen Seitenwänden hervorbringen könnte.

Gegen diese Vergleichung der Formen des gegenwärtigen Wasserschliffs in Strombetten mit denjenigen des Felsbodens Scandinaviens wird vielleicht eingewendet, sie sey ganz unpassend, und führe zu keinem Resultat, indem die Wirkungen einer gewaltigen Fluth, wie die von Hrn. Sefström angenommene, auf den Felsboden sehr verschieden seyn werden von denjenigen eines Bergstoms, der im Verhältnifs zu jener immer unendlich klein bleibt. Diefs auch zugegeben, scheint mir doch, dafs in beiden Fällen die *Art* der Wirkungen ähnlich seyn sollte, da auch die Kraft eine ähnliche ist; am kleinsten Bächlein, das Geschiebe führt, finden wir ähnliche Wirkungen auf sein Felsenbett, wie am gröfsten, wildesten Bergstrom, nur in kleinerem Maafsstabe.

Vergleicht man nun dagegen den von Hrn. Sefström abgebildeten Felsen mit denjenigen, welche durch

die jetzigen *Gletscher* abgeschliffen und ausgefurcht werden, so findet man zwischen ihnen eine solche Uebereinstimmung, dafs der erstere als ein Normalbeispiel von Gletscherschliff an einem einzelnen, aus dem Gletscherbette ausragenden Felsen angesehen werden kann.

Hier wie dort Abrundung des Felsens an der Stofsseite, mehr oder minder vollständige Erhaltung der Kanten und Ecken an der Leeseite; auf dem Rücken des Felsens an der Stofsseite, vom Fufs bis auf den Gipfel hinauf, im Allgemeinen geradlinige und parallele Richtung der Furchen; von dieser Längenaxe aus zu beiden Seiten mehr und minder bedeutende Divergenz der Furchen, gewöhnlich parallel den Seitenflächen des Felsens, gegen die Leeseite hin wieder Convergenz der Furchen und ziemlich horizontale Lage derselben; übrigens nicht selten hie und da von der allgemeinen Regel einzelne Ausnahmen, deren Ursache häufig entweder gar nicht abzusehen ist, oder doch sehr zweifelhaft bleibt; ferner Vorhandenseyn einer Menge ganz feiner, wie mit dem Grabstichel gezogener Furchen oder Streifen, die oft bedeutende Strecken weit unter einander parallel fortlaufen, meist auch der Richtung der gröberen Furchen folgen, zuweilen indefs auch nicht.

Diese Formen des Gletscherschliffs sind auch demjenigen leicht begreiflich, der Gelegenheit gehabt hat, den höchst einfachen Mechanismus der Gletscherschleifen zu sehen. Die HH. v. Charpentier und Agassiz geben in ihren Werken über die Gletscher sehr treffende und anschauliche Beschreibungen von dieser früher nicht beachteten Erscheinung; nur scheint mir, dafs sie der rundenden Kraft des Eises eine etwas zu grofse Rolle zugetheilt haben. Zufolge dem, was ich gesehen, sind es ganz besonders die am Rande und an der unteren Fläche des Gletschers in's Eis eingefrornen Gesteinstücke, welche die Abrundung und Ausfurchung des Gesteins bewirken; in der That habe ich überall, wo ich einen



Gletscher unmittelbar auf dem Boden aufliegend oder an felsigen Seitenwänden anliegend sah, in der Nähe der Gränzflächen des Eises eine Menge gröfserer und kleinerer Gesteinstücke und Sandkörner in's Eis fest eingebacken gefunden [1]).

Beifolgende Skizze (Taf. III Fig. 7) stellt im Profil einen im Juli 1841 abgezeichneten Theil des Viesch-Gletschers im Oberwallis und seines granitischen Felsufers dar; damals war unten zwischen dem Eise (*e*, *e*, *e*), und der Granitwand (*g*, *g*, *g*) ein hohler Raum, der sich

1) Der bisherigen Behauptung, dafs man im ächten Gletschereise keine Unreinigkeiten antreffe, mufs ich auf's Bestimmteste widersprechen. Nicht nur sind mitten im Gletschereise, mehrere Fufs von allen Spalten entfernt, häufig kleine Klümpchen von zusammengesintertem feinen Schlamme sichtbar, sondern am Rande des Viesch-Gletschers waren im verflossenen Jahre eine Menge Steinstücke in schönes, sehr grobkörniges, ganz ächtes Gletschereis so fest eingebacken, dafs ich nur mit grofser Mühe durch Hammerschläge eines derselben herauslösen konnte. Sehr häufig werden auch ausgedehnte horizontale Strekken von Gletschern, in der Nähe ihrer unteren Fläche, aus einer wahren Breccie gebildet, deren Hauptmasse aus grofsen und kleinen Gesteinstücken besteht, und welcher das Gletschereis nur als Cement dient. Auf dem Finelen-Gletscher endlich (im St. Niclaus-Thal), der seit 20 Jahren beständig im Abnehmen begriffen ist, sah man im letzten Jahre aus dem reinen, ächten Gletschereise eine Schuttmasse von mehreren hundert Fufs Länge und Breite hervortauchen; sie war zum Theil noch mit reinem Gletschereise bedeckt, wird aber, wenn der Gletscher in den nächsten Jahren fortfährt an Höhe abzunehmen und an seiner Oberfläche abzuschmelzen, bald ganz entblöfst seyn, so dafs dann kein Mensch mehr ahnen würde, dafs diese Gufermasse vor 30 Jahren noch wenigstens 100 Fufs hoch (zufolge der Blöcke, welche beim damaligen höheren Gletscherstande auf einen Absatz der felsigen Seitenwand hinabgefallen sind) von Gletschereise bedeckt war. Das Vorkommen solcher Unreinigkeiten mitten im Gletscher läfst sich übrigens eben sowohl aus der Ausdehnungs- wie aus der Gewichts-Theorie erklären.

Taf. III Fig. 8 giebt ein ungefähres Bild von den Erscheinungen am Finelen-Gletscher; *aa* ist der Gufer (Schutt), der am 25. Aug. 1841 theilweise mit ächtem Gletschereise bedeckt war; *b* sind die Blöcke, die der Gletscher vor etwa 20 Jahren abgelagert hat.

ziemlich weit erstreckte, und dessen Boden mit einer Menge feinen und groben Sandes und grofser Granittrümmer bedeckt war, oben dagegen lag das Eis ganz unmittelbar auf dem Granitufer auf, und enthielt an seiner Gränzfläche fest eingebacken eine Menge verschiedenartiger Gesteinstücke. Die Granitwand ist, wie die Figur zeigt, völlig abgerundet; die grofsen, mehr als fufsbreiten Furchen erstrecken sich sehr weit, und laufen ungefähr der allgemeinen Abdachung der Gletscher parallel; überdiefs sieht man sowohl an den concaven als an den convexen Stellen in der nämlichen Richtung einzelne kleinere Furchen von 1 bis 3 Zoll Breite, und hauptsächlich in diesen, jedoch auch auf der ganzen abgeschliffenen Fläche, zeigt sich eine Menge den Furchen paralleler, höchst feiner, kaum erkennbarer Streifchen.

Der Augenschein mufs hier auch die vorher Ungläubigsten völlig überzeugen, dafs jeder der im Eise eingebackenen und fest an die Felswand geprefsten Steine durch das allmälige Vorrücken [1]) des Gletscher ebenfalls mit vorwärts geschoben worden, und also in der Richtung dieser Bewegung eine Reibung auf die Wand ausgeübt haben müsse. Eben so klar ergiebt sich, dafs das Resultat dieser Reibung entweder eine Abglättung oder eine Ausfurchung seyn müsse, je nach der Gestalt der Felswand, je nachdem der vorrückende Stein aus gleich hartem oder aus härterem Material (in diesem Falle z. B. reinen Quarzstücken) als die Felswand besteht, und je je nachdem seine Form glatt oder rauh ist. Besteht der reibende Stein aus Quarz und ist seine Oberfläche zackig, so wird jeder seiner vorragenden Zacken

1) Alle Anwohner von Gletschern, die ich über die Art des Vorrükkens befragen konnte, versicherten mich einstimmig, dafs der Gletscher, abgesehen von eigentlichen Stürzen, ganz unmerklich sich fortbewege. Mehrere bedienten sich des Ausdrucks, „er wächst wie eine Pflanze.“



seinen Weg durch fein eingegrabene Streifchen bezeichnen; ähnliche Resultate mufs auch der feine, zwischen der Wand und dem Gletscher befindliche Sand bewirken.

Es wird nun wohl sehr natürlich erscheinen, dafs ein aus dem Gletscherbett hervorragender Fels durch lange Zeit anhaltende Wirkung der über ihn sich fortbewegenden Gletschermasse allmälig eine Gestalt erhalten mufs, welche der des von Hrn. Sefström abgebildeten Felsens sehr ähnlich seyn wird. Die Steine, welche am Fufse seines Rückens anlangen, werden durch die Eismasse in gerader Richtung über denselben hinweggeführt; die etwas zur Seite liegenden werden aber in den meisten Fällen etwas rechts und links ausweichen sammt der sie umschliefsenden Gletschermasse, welche, wie unzählige Beispiele beweisen, in der Nähe solcher Felsenbukkel immer mehr oder weniger zerspalten ist.

Am wenigsten unerwartet werden, wie auch Herr Agassiz, S. 197 seines Werks, hervorhebt, kleine Abweichungen von der Hauptrichtung der Furchen und Streifen seyn, wenn man an die zahlreichen Ursachen denkt, welche an solchen Stellen die Richtung einiger Gletschertheile häufig ändern müssen; solche Ursachen sind z. B. Einstürze von Gletscherpyramiden, von Höhlen an der unteren Gletscherseite, die zufällige Art, wie Steine, die zwischen den Gletscherrand und die Felswand hinabfallen, eingeklemmt werden, die unregelmäfsige Gestalt des Felsens selbst, welche die zunächst anliegenden Eismassen einen sonst ganz ungewöhnlichen Weg zu machen zwingt.

Es ist oben auch angeführt worden, dafs solche aus dem Gletscherboden ausragende Felsen an der Leeseite, wenn diese steil ist, gar nicht oder nur wenig abgerundet seyen. Man sieht in der That auch nicht ein, wie es anders seyn könnte. Der thalabwärts rückende Gletscher übt auf die Leeseite des Felsens keine Reibung, höchstens (bei Annahme der Ausdehnungstheorie) einen

gewissen Druck aus. Schliff aber kann blofs an den Stellen entstehen, auf oder neben welchen der Gletscher sich fortbewegte; selbst in diesen Fällen ist er zuweilen schwach ausgebildet, was vermuthlich daher rührt, dafs keine oder nur wenige Steine sich an der Scheidungsfläche von Eis und Fels vorgefunden haben. Auch bei Gegenwart von vielen Steinen ist die Abrundung und der Schliff sehr unvollkommen, wenn der Gletscher mit der Schichtfläche des Gesteins ganz oder fast ganz parallel läuft. Trotz der obigen Bemerkung möchte ich indefs nicht behaupten, dafs das Eis selbst nicht auch zur Abrundung, und namentlich zur Politur der Felsen beitrage.

2) Hr. Böthlingk führt in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen des Hrn. Sefström an, dafs die kesselförmigen, zum Theil mit Steinen gefüllten Aushöhlungen (Riesentöpfe) an der Leeseite der abgerundeten Felsen auf Wasserwirbel hindeuten, ähnlich denen die sich heut zu Tage in Strömen hinter Landzungen bilden. Hr. Sefström beschreibt aber auch den Riesentopf von Trollhätta als auf dem Gipfel des Berges liegend, und sagt ferner ausdrücklich, dafs diese Riesentöpfe meistens am Rande eines Berges liegen, auch dort, wo die Geröllfluth in die Höhe ging.

Es ist nun gewifs sehr schwer zu begreifen, wie ein Geröllstrom auf dem Gipfel eines Berges oder bei seinem Ansteigen an einem Abhange hinauf kesselförmige Auswaschungen bewirken kann; es ist mir auch nicht bekannt, dafs irgend Jemand bei den jetzigen Strömen irgend etwas Aehnliches gesehen hätte.

Hr. v. Charpentier hat bereits vor vielen Jahren in der Nähe von Bex und von Sitten ganz ähnliche kesselförmige Vertiefungen, theils auf dem Gipfel, theils am Abhange von wasserlosen Hügeln beobachtet, und sie als einen der zahlreichen Beweise für die frühere Existenz von Gletschern in dieser Gegend erkannt.

Hr. Agassiz beschreibt ebenfalls ähnliche Kessel

als Wirkung von Wasserfällen, die durch Gletscher hindurchgehen. Und in der That, wer Gelegenheit gehabt hat, solche Wasserfälle zu sehen, muſs sich sogleich überzeugen, daſs sie mit Hülfe von losen Steinen an der Stelle, wo das Wasser auf den Boden fällt, sehr leicht kesselförmige Vertiefungen bilden können, gleichviel, ob diese Stelle in einer Vertiefung, auf der Höhe eines Felsens oder auf einem Abhange liege.

Der dritte Einwurf von Hrn. Böthlingk ist bereits sub 1) besprochen.

4) Hr. Böthlingk bezweifelt, daſs die Gletscher der scandinavischen Alpen mächtig genug gewesen seyen, um in einer Entfernung von mehr als 70 Meilen Eismassen auf das 6- bis 700 Fuſs hohe Plateau des innern Finnlands hinaufzustoſsen.

Daſs aber eine Fluth geeigneter gewesen sey, von Scandinavien her durch den Bothnischen Meerbusen hin, durch die Finnischen Fluſsthäler, über die sie trennenden Höhen hinauf und auf dem Plateau des innern Finnlands überall Erosionen von gleicher Richtung hervorzubringen, möchte wohl Manchem wenigstens eben so zweifelhaft erscheinen.

5) Hr. Böthlingk findet die Erosionen des Felsens von Helsingfors unvereinbar mit den Wirkungen eines Gletschers. Da ich diesen Fels nicht kenne, und ich mir aus der Beschreibung keine deutliche Vorstellung von seiner Form machen konnte, so enthalte ich mich jeder Bemerkung darüber.

Die Thatsachen, welche oben angeführt sind, um die Verschiedenheit der Formen von Gletscherschliff und von Wasserschliff der jetzigen Zeit hervorzuheben, und die völlige Uebereinstimmung der Abrundungen und Ausfurchungen des scandinavischen Felsbodens mit den Formen des Gletscherschliffs, so wie ihre Verschiedenheit von denjenigen des Wasserschliffs, scheinen mir demnach zu beweisen, daſs Hrn. Böthlingks hauptsächlichste

Einwürfe gegen die Gletschertheorie dieser vielmehr im höchsten Grade günstig, und gar nicht geeignet sind, die Fluththeorie zu unterstützen.

XI. *Resultate der Beobachtungen in der Umgegend von Edinburg über die Fortpflanzung der äufseren Temperatur-Variationen in den Boden, während der Jahre* 1837, 1838, 1839 *und* 1840; *vom Prof. Forbes.*

1) Bestimmung der Constanten der Formel $Log\,\Delta p = A + Bp$ (S. Ann. Bd. XXXXVI S. 509), welche die Amplitude Δp der den Tiefen p zugehörigen Thermometer-Variationen angiebt:

	Beobachtungen von:	Im Trapp von Carlton-Hill.	Im Sand d. Gartens.	Im Sandstein d. Bruchs von Craigleith.
Werth von A	1837	1,164	1,176	1,076
	1838	1,173	1,217	1,114
	1839	1,086	1,182	1,049
	1840	1,073	1,155	1,044
Werth von B	1837	0,0545	0,0440	0,0316
	1838	0,0641	0,0517	0,0345
	1839	0,0516	0,0498	0,0305
	1840	0,0550	0,0470	0,0308

2) Tiefen, in welchen die *jährlichen* Temperatur-Variationen auf 0°,01 C. herabsinken:

	Par. Fufs.	Par. Fufs.	Par. Fufs.
1837	58,1	72,2	97,3
1838	49,3	61,8	91,0
1839	59,2	63,5	100,0
1840	55,9	67,1	98,8

3) Geschwindigkeit, mit der die Wärme sich in das Innere des Bodens fortpflanzt. Ein Par. Fufs durchlaufen in den drei Gebirgsarten, in Tagen:

	Maxima.			Minima.		
1837	7,5	7,1	4,9	...	...	...
1838	6,8	6,8	3,6	6,5	5,8	3,6
1839	7,8	7,2	4,6	6,0	5,1	3,6
1840	6,6	5,95	3,5	6,1	5,7	3,05.

(*Compt. rend. T. XIV p.* 410.)



XII. *Ueber den Granit des Riesengebirges;* *von G. Rose.*

(Aus den Monatsberichten der Academie. Juli 1842.)

Der herrschende Granit des Riesengebirges, den v. Raumer in seinem bekannten Werke über Schlesien Central-Granit nennt, besteht aus einem Gemenge von Feldspath, Oligoklas, Quarz und Glimmer.

Der *Feldspath* ist gewöhnlich fleischroth bis bräunlichroth, an den Kanten durchscheinend und auf den Spaltungsflächen stark glänzend von Perlmutterglanz. Er findet sich in einzelnen, mehr oder weniger ausgebildeten einfachen oder Zwillingskrystallen zwischen den übrigen Gemengtheilen; die Krystalle sind gewöhnlich äufserlich unregelmäfsig begränzt, zuweilen aber, wenn das Gemenge der andern Gemengtheile klein und fein ist, sehr regelmäfsig und glattflächig, wie z. B. am Scholzenberg bei Warmbrunn und am Cavalierberge bei Hirschberg. Die Gröfse der Krystalle ist wohl im Allgemeinen verschieden, am häufigsten beträgt sie etwa einen Zoll, doch finden sich auch Krystalle von 2 bis 3 Zoll Gröfse (Schreibershau, Agnetendorf, Seydorf), eben so kommen sie auch kleiner vor.

Der *Oligoklas* ist schneeweifs, gelblich- oder grünlichweifs, und gewöhnlich weniger durchscheinend und glänzend als der Feldspath. Er findet sich meistens in tafelartigen Körnern und ausgebildeten Krystallen, zuweilen aber auch in ziemlich glattflächigen Krystallen, wie in dem Granite vom Scholzenberg. Die Körner und Krystalle sind in der Regel viel kleiner als die des Feldspaths; fast stets sind sie aber regelmäfsige Verwachsungen von mehr als zwei Individuen, erscheinen daher immer auf der deutlichsten Spaltungsfläche auf die bekannte

Weise gestreift. Nicht selten ist auch der Oligoklas mit dem Feldspath regelmäfsig verwachsen, und umgiebt dann stets denselben in einer mehr oder weniger dicken Hülle [1]).

Der *Quarz* ist graulichweifs bis rauchgrau, mehr oder weniger durchscheinend, und findet sich in Körnern von verschiedener Gröfse, seltener in kleinen, an den Kanten etwas abgerundeten Krystallen.

Der *Glimmer* findet sich in rundlichen Blättchen oder regelmäfsigen sechsseitigen Tafeln von einer halben bis 2 Linien Gröfse, und ist von dunkel grünlichschwarzer, in dünne Blättchen gespalten, von lauchgrüner Farbe. Er liegt am häufigsten einzeln zwischen dem Gemenge der übrigen Gemengtheile, seltener in kleinen zusammengehäuften Parthien; er ist sehr wahrscheinlich einaxig.

An zufälligen Gemengtheilen ist dieser Granit sehr arm; nur zuweilen finden sich kleine schwarze Krystalle von *Hornblende* (Schreibershau, Seydorf), noch seltener kleine braune Krystalle von *Titanit* (Warmbrunn) und kleine fasrige Parthien von *Pistazit* (Warmbrunn).

Dadurch, dafs der Feldspath an Gröfse fast stets die andern Gemengtheile übertrifft und einzeln zwischen diesen liegt, erhält der Granit des Riesengebirges eine *porphyrartige Structur*, worin er mit den Graniten von Elnbogen und Carlsbad, vom Fichtelgebirge und von Mehlis im Thüringer Walde übereinkommt [2]). Die Feldspathkrystalle liegen auf diese Weise in einem mehr oder weniger körnigen Gemenge der übrigen Gemengtheile,

1) Dafs der hier angeführte Gemengtheil Oligoklas sey, hat der Verf. zwar noch durch keine vollständige Analyse bewiesen, doch ergiebt sich diefs schon hinreichend aus den von ihm angestellten Versuchen, indem er fand, dafs dieser Gemengtheil in Vergleich mit dem Albit, mit welchem man ihn allein verwechseln könnte, eine gröfsere Schmelzbarkeit und ein gröfseres specifisches Gewicht, nämlich 2,682, besitzt und eine bedeutend gröfsere Menge Kalkerde enthält.

2) Die nun ebenfalls wie der Granit des Riesengebirges Oligoklas enthalten.



welches nun die Grundmasse bildet, und zuweilen selbst noch ausgezeichnet grobkörnig ist, wie in den Graniten von Warmbrunn, Fischbach, Alt-Paulsdorf bei Reichenberg, in welchem Fall aber in der Regel noch der Feldspath den einzelnen Körnern der Grundmasse an Gröfse überlegen ist. Seltener ist der Unterschied in der Gröfse der einzelnen Gemengtheile weniger auffallend, so dafs die Structur sich mehr den gemein-körnigen nähert, wie am Zackelfall, den Schneegruben u. s. w.; aber auch bei diesen ist der Unterschied nur weniger grofs, genau genommen, findet er, wenn auch in geringem Maafse, immer statt.

Wo die Grundmasse feinkörniger wird, was jedoch nie so weit geht, dafs die Körner dem Auge ganz unkenntlich werden, sind es in diesem Fall gewöhnlich auch nur die drei Gemengtheile, die sich in der Grundmasse finden; doch scheint zuweilen auch schon wirklich Feldspath darin vorzukommen, was aus der röthlichen Farbe, die die feinkörnige Grundmasse öfters hat (Hampelbaude) anzunehmen ist, und eben so finden sich in dieser Grundmasse nicht blofs Feldspathkrystalle eingewachsen, sondern es kommen auch einzelne Oligoklas- und Quarzkrystalle, und selbst Glimmertafeln darin vor, von denen aber auch die ersteren, doch immer an Gröfse den eingewachsenen Feldspathkrystallen nachstehen. Granitabänderungen mit feinkörniger Grundmasse kommen sehr ausgezeichnet auf der östlichen Seite des Granitgebietes vor (am Scholzenberg, bei Herischdorf, am Cavalierberge, besonders aber an der Hampelbaude und im Mälzergrunde. Je feinkörniger die Grundmasse ist, je glatter ist die Oberfläche der eingewachsenen Krystalle.

Was die *relative Menge der Gemengtheile* anbelangt, so übertrifft darin der Feldspath gewöhnlich bei weitem die übrigen Gemengtheile; Oligoklas und Quarz finden sich in geringerer und beide ungefähr in gleicher, Glimmer gewöhnlich in der geringsten Menge. Ein star-

kes Vorherrschen des Feldspaths findet besonders in den grobkörnigen Abänderungen statt, in denen die grofsen Feldspathkrystalle oft so gedrängt liegen, dafs sie sichtlich mehr Raum einnehmen, als die übrigen Gemengtheile; in den Abänderungen mit feinkörniger Grundmasse findet diefs meistens auch noch statt, doch kommen die Feldspathkrystalle hier auch schon sparsamer vor, und zuweilen scheinen wirklich die neben den Feldspathkrystallen vorkommenden Albitkrystalle die ersteren an Menge, wenigstens stellenweise, zu übertreffen, wie z. B. an der Lomnitz, bei Stonsdorf. Da in diesen feinkörnigen Abänderungen neben dem Feldspath auch Albit-, Quarz- und Glimmerkrystalle in der Grundmasse eingewachsen erscheinen, so tritt oft die letztere sehr zurück, so dafs man sie leicht übersehen, und wegen der vielen eingewachsenen Gemengtheile und ihrer meistens stattfindenden bedeutenden Gröfse diese Abänderungen mit den grofskörnigen Abänderungen von Warmbrunn und Alt-Paulsdorf verwechseln kann. Die genannten Abänderungen kommen indessen sehr häufig vor, und die Granite von Schreibershau, Agnetendorf, Seydorf und der Iserwiese sind alle von der Art.

Die Gemengtheile dieses Granites schliefsen fest an einander, ohne Drusen oder Höhlungen zu bilden, was eine sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit dieses Granites ist. Nur in einem Falle ist dem Verf. eine Ausnahme vorgekommen, nämlich bei dem Granite vom Leopoldsbade bei Warmbrunn, welcher äufserst sparsam ganz kleine Drusen enthält, in welchen Quarz und Pistazit sich finden. Der letztere kommt nur in diesen Drusen vor, und ist daher wie diese sehr selten.

Hier und da, und stellenweise selbst ziemlich häufig, finden sich in diesem Granite, wie auch in andern Granitabänderungen, mehr oder weniger grofse sehr glimmerreiche Einschlüsse, die nach einer von dem Verf. schon anderwärts geäufserten Meinung veränderte Bruchstücke



der Gebirgsart sind, die der Granit bei seinem Emporsteigen durchbrochen hat.

Der beschriebene Granit findet sich in einzelnen grofsen sphäroïdischen Massen, die ohne Klüfte sind, und durch andere sehr zerklüftete und bröckliche, ihrer Zusammensetzung nach sonst ganz ähnliche Massen verbunden werden. Diese verwittern leicht, und die verwitterte Masse wird von den Tagewässern zwischen den festeren Massen ausgewaschen, daher diese an der Oberfläche übereinanderstürzen, und die Gipfel gröfserer oder kleinerer Mengen gewöhnlich nur aus lose übereinanderliegenden Blöcken bestehen. Oefters sieht man aber auch, besonders bei freistehenden Felsen, eine parallelepipedische Absonderung.

Aufser dem beschriebenen Granite findet sich noch eine andere Abänderung, die sich von dem vorigen dadurch unterscheidet, dafs Feldspath und Oligoklas schneeweifs und der Glimmer wohl in dicken Blättchen schwarz, in dünnen schneeweifs erscheint. Der Verf. läfst es dahin gestellt seyn, ob diese Umstände eine wesentliche Verschiedenheit begründen. Die angegebene Veränderung hält sich indessen bestimmt geschieden von der andern, und findet sich zwar viel seltener, aber sehr ausgezeichnet grobkörnig-porphyrartig, wie unter andern am Prudelberge bei Stonsdorf.

Betrachtet man aber auch diesen zuletzt beschriebenen Granit als keine besondere Abänderung, so findet sich aufser ihm am Riesengebirge doch noch ein *anderer Granit*, der sowohl durch mineralogische Beschaffenheit als auch durch Structur- und Lagerungsverhältnisse ausgezeichnet ist. Dieser Granit enthält nämlich, aufser Feldspath, Quarz und Glimmer, wahrscheinlich gar keinen Oligoklas, sondern statt dessen Albit; er ist ferner gewöhnlich klein- und fein- und immer gemein körnig, und durchsetzt gangförmig den herrschenden porphyratigen Granit, ist also neuer als dieser. Der Feldspath ist häufig

ganz weifs oder wie der Albit gefärbt, und bei der Feinkörnigkeit des Gemenges daher schwer zu unterscheiden, in anderen Fällen ist aber auch hier der Feldspath fleischroth und der Albit dann gewöhnlich gelblichweifs; der Quarz gewöhnlich graulichweifs, der Glimmer schwarz und in dünnen Blättchen gegen das Licht gehalten, olivengrün. Glimmer ist bei diesem Granit immer nur in geringer Menge enthalten und fehlt oft ganz, Albit scheint auch nicht selten zu fehlen, in welchem Fall dann Feldspath und Quarz die einzigen Gemengtheile bilden; diefs scheint besonders da der Fall zu seyn, wo dieser Granit nur in kleinen Gängen in die beiden ersten Arten hineinsetzt, da aber der Feldspath in diesem Fall stets weifs und das Gemenge fein ist, kann diefs oft schwer ausgemacht, und erst durch eine chemische Analyse entschieden werden.

Dieser feinkörnige Granit bildet in einigen Fällen Gänge von nur geringer Mächtigkeit, in andern Fällen von bedeutender, wohl 2- bis 300 Fufs Mächtigkeit. Manche Kuppen und Rücken ziemlich hoher und langer Berge, wie die Kuppen des Scholzenberges bei Warmbrunn, des Hopfenberges zwischen Warmbrunn und Stonsdorf, des Popelberges bei Maiwaldau, so wie die langgezogenen Rücken des Stangenberges bei Stonsdorf und des Ameisenberges bei Erdmannsdorf bestehen daraus: ja er findet sich auch in grofser Masse auf dem Kamm des Gebirges, doch hier meist in einzelnen Blöcken, und ist in diesem Fall oft schwer von dem porphyrartigen Oligoklasgranit zu unterscheiden, wo derselbe kleiner körnig geworden ist und die Gemengtheile mehr von gleicher Gröfse vorkommen, wie diefs namentlich am Kamm öfter stattfindet. Eine Uebereinstimmung im Streichen hat der Verf. bei diesen Gängen nicht wahrgenommen, wiewohl hierbei die St 1-$1\frac{1}{2}$ sehr häufig vorkommt, in welcher Richtung auch die Rücken des Stangenberges und Ameisenberges fortlaufen. Die Gänge stehen, wo sie mächtig sind, meistens ganz seiger, und wie die Gänge



reichen und fallen auf die Klüfte, die in mehr oder
'eniger Abständen das Gestein durchsetzen; doch kom-
en auch Gänge vor, die in ganz anderen Richtungen
reichen.

Dieser feinkörnige Granit zeichnet sich vor dem por-
byrartigen auch dadurch aus, dafs er nach der Mitte der
änge zu häufig drusig und oft überaus grofskörnig wird.
r enthält in diesem Fall alle Gemengtheile, besonders
eldspath und Quarz in grofsen Parthien ausgeschieden,
ıd da diese Ausscheidungen für die Benutzung in den
orcellan- und Glasfabriken eifrig aufgesucht werden, so
nd auch Gänge mit solchen Ausscheidungen in vielen,
ehr oder weniger grofsen Steinbrüchen aufgeschlossen.
ie grobkörnigen Ausscheidungen halten mehr oder we-
iger lange an, sie hören oft bald auf und finden sich
ı manchen mächtigen Gängen auf grofse Erstreckungen
ır nicht; in andern halten sie aber auch mehr an, wie
B. in dem grofsen Gange bei Lomnitz, der schon seit
hr langer Zeit in Betrieb steht, und immer noch bear-
eitet wird. Zu den Gängen, in welchen bei dem jetzi-
n Zustande des Abbaus alle diese Verhältnisse am deut-
chsten zu sehen sind, gehören die Gänge an dem Fal-
nberge bei Fischbach, und auf dem Landshuter Kamm.
an sieht hier deutlich das Streichen, Fallen und die
ächtigkeit der Gänge, und den Uebergang aus dem
einkörnigen in's Grobkörnige von den Saalbändern nach
r Mitte zu; aber man kann diese Verhältnisse auch
hr gut bei kleineren Gängen sehen, in welchen keine
rüche angelegt sind, wie besonders bei dem sogenann-
n hohlen Steine in der Nähe des Zackelfalles.

In den Drusen dieses grobkörnigen Granits finden
ch die verschiedenen Gemengtheile des Granits oft über-
s schön krystallisirt, besonders der Feldspath und Quarz,
er auch Albit (Schreibershau) [1]), seltener Glimmer.
icht selten findet sich auch hier Eisenglanz in sehr fei-

[1]) Das spec. Gewicht eines solchen Albits fand der Verf. 2,629. Er
enthielt nur eine äufserst geringe Menge Kalkerde und Kali.

nen metallischglänzenden Täfelchen, oder auch als Ueberzug, viel seltener Magneteisenstein, aber dann in gröfseren Krystallen oder kleinen derben Parthien, zuweilen auch Pistazit in feinen Nadeln. Andere Mineralien, die sonst wohl in den Drusenräumen des Granits vorkommen, wie Turmalin, Beryll, Topas oder Feldspath finden sich hier nicht. Die Feldspath- und Quarzkrystalle kommen aber hier sehr regelmäfsig und oft bedeutend grofs vor. Man findet fufsgrofse Feldspath- und 3 bis 4 Fufs grofse Quarzkrystalle. Die Feldspathkrystalle sind den schönsten ihrer Art an die Seite zu stellen; besonders ausgezeichnet sind die vom Krötenloche bei Schwarzbach; sie sind in der Regel mit Albit bedeckt, der mit ihnen regelmäfsig verwachsen ist, wie diefs auch an andern Orten vorkommt; aber der Albit auf dem Feldspath ist wohl kaum anderswo so grofs, durchsichtig, und die Verwachsung so regelmäfsig zu finden, wie hier. Regelmäfsige Verwachsungen von Feldspath und Quarz, sogenannter Schriftgranit kommt auch häufig vor.

Dieser Granit zeigt noch die bemerkenswerthe Eigenschaft, dafs er nämlich öfter eine kuglige Structur annimmt. Man findet dergleichen *Kugelgranit* zu Schwarzbach und am Kynast; auch soll er in der Gegend von Schmiedberg vorkommen. Besonders ausgezeichnet ist der Kugelgranit von Schwarzbach. Die Kugeln haben einige Zoll bis einen halben Fufs im Durchmesser, und enthalten stets im Innern als Kern einen einzelnen Feldspathzwilling oder eine Gruppe von Zwillingskrystallen; dieser Kern ist zuerst von einer dünnen Hülle von Albit und Glimmer, und dann von einer 1 bis 2 Zoll dikken Hülle von grobkörnigem, stark verwachsenem Feldspath umgeben, der mit kleinen graulichweifsen Quarzkörnern und gegen den Rand zu auch mit Glimmerschüppchen durchwachsen ist. Der Feldspath des Kerns ist fleischroth, der der Hülle licht gelblichgrau. Die Kugeln liegen dicht neben einander, sich gegenseitig in der

Aus-



Ausbildung störend, und bilden einen etwa 20 Fufs mächtigen Gang nicht weit von dem sogenannten Kröten loche [1]).

Der gewöhnlich feinkörnig vorkommende Albit-Granit durchsetzt nicht nur den porphyrartigen Oligoklas-Granit, sondern er setzt auch noch in den diesen Granit umgebenden Glimmerschiefer und Hornblendeschiefer hinein, wie man diefs sehr schön am schwarzen Berge (dem östlichen Ausläufer des Iserkamms), bei Schreibershau, am Krkonosch, auf der Südseite des Riesengebirges, und bei Kupferberg sehen kann.

Aufser diesem Albit-Granit durchsetzen noch andere Gesteine den porphyrartigen Oligoklas-Granit, nämlich *zweierlei Arten Porphyr* und *Basalt*. Die eine Art Porphyr findet sich viel häufiger; sie enthält in einer dichten, bald grünlichgrauen, bald röthlichbraunen Grundmasse Oligoklas, Glimmer, Quarz und Feldspath, und kommt in grofsen, untereinander parallelen Gängen vor, die von NNO. nach SSW. streichen, sich meilenweit verfolgen lassen, und auf die grofsen Abstürze in dem Kamme, die Teiche und die Schneegruben zustreichen. Der andere Porphyr hat eine kleinkörnige, aus licht fleischrothem Albit und chloritartigem Glimmer bestehende Grundmasse, worin grofse ziegelrothe Feldspathkrystalle eingewachsen sind; er findet sich unter andern ausgezeichnet bei dem Dorfe Unter Polaun in Böhmen. *Basalt* ist bis jetzt an vier Orten bekannt, in der kleinen Schneegrube, am keulichten Buchberge, bei Maiwaldau und bei Berbisdorf.

1) Der Verf. verdankt die Kenntnifs dieses interessanten Kugelgranits dem Hrn. Manger in Warmbrunn.

XIII. *Bemerkungen über das zeitweise Steigen und Fallen der Ostsee und des Mittelmeers;* *von G. G. Hällström.*

(Aus den *Actis societatis scientiarum fennicae* (*T. I p.* 400); einer d. J. 1839 zu Helsingfors gestifteten Gesellschaft, welche mir bereits vor längerer Zeit die beiden ersten Hefte ihrer Schriften zu übersenden die Güte hatte. *P.*)

Es ist unter den am Strande der Ostsee und deren Buchten Wohnenden eine allgemeine und alte Erfahrung, dafs zwischen dem hin und wieder eintretenden, von der Ebbe und Fluth des Weltmeers unabhängigen, Steigen und Fallen dieser Binnensee und den gleichzeitigen Witterungsveränderungen ein Zusammenhang besteht. Schon vor 93 Jahren hat der verstorbene Lector Gissler in *Hernösand* in einem der K. schwed. Academie der Wissenschaften überreichten Aufsatz (gedruckt in deren *Handlingar* vom Jahr 1747 (*T. VIII p.* 142)) nachgewiesen, dafs die Ostsee sinkt, wenn das Barometer steigt, und so umgekehrt. Er hatte am Strande des genannten Orts eine in geometrische Zolle und Linien getheilte Holzlatte senkrecht in's Wasser gesteckt, und die daran abgelesenen Wasserhöhen mit den Barometerständen verglichen; da zeigte sich ihm dann ganz deutlich die erwähnte Erscheinung.

Neun und funfzig Jahre darauf oder i. J. 1806 übergab der verstorbene Staatsrath und Ritter af Schultén derselben Academie *einen Versuch zur Erklärung des Steigens und Fallens der Ostsee* (gedruckt in den *Handlingar* desselben Jahres, *p.* 77) [1]), gegründet auf einen Vergleich der Veränderungen der Barometerhöhe und der Meeresfläche, welche Veränderungen er herleitet »von

1) S. Gilbert's Annal. Bd. XXXVI S. 314. *P.*



der veränderlichen Schwere der Masse unserer Atmosphäre oder Luft, welche durch ihren ungleichen Druck die eine und die andere hebe und senke.« Als Hauptgrund für diese Theorie nimmt er an, dafs gleichzeitig der Luftdruck an den verschiedenen Küsten der Ostsee ungleich sey, z. B. in Torneå gering, wenn er in Pommern stark, wodurch denn an letzterer Küste das Wasser stärker gedrückt werde, mithin sich senken und nach Torneå fliefsen müsse, und so umgekehrt. Durch Berechnung und Vergleichung der äufsersten Gränzen der Barometerveränderungen und der davon abhängigen Wasserhöhen findet er, dafs der gröfste Unterschied zwischen hohem und niedrigem Wasser solchergestalt auf 3,5 Fufs steigen könne. Dagegen hält er für schwach und wenig glaublich die Erklärung: »dafs die Winde durch ihren Stofs das Wasser vor sich hertreiben, und es an den ihnen zuwärtsliegenden Küsten um mehre Fufs über dessen Niveau an der Leeseite heben können.«

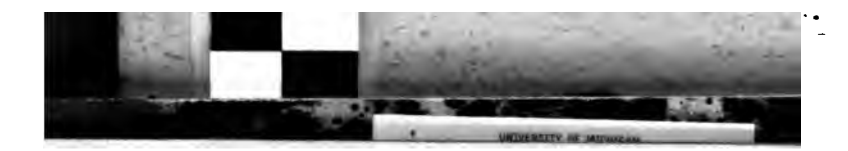
Bis heut scheint man durch diese Theorie vollkommen zufriedengestellt zu seyn. Es sind keine Einwürfe gegen sie erhoben, und wahrscheinlich würde sie sobald noch nicht erörtert worden seyn, wenn nicht im verflossenen Jahre neue, den Gissler'schen ganz analoge Beobachtungen an der Küste des Mittelmeers angestellt worden wären. In Algier nämlich hat der Prof. Aimé, wie ehemals Gissler bei uns, gleichzeitig die Barometerstände und die Höhen des Meeres beobachtet, und dadurch ist er denn, nachdem er sich von der Unmerklichkeit der oceanischen Fluth und Ebbe im Mittelmeer überzeugt, zu dem, von Gissler und af Schultén längst gemachten Schlufs gekommen, dafs das Meer steigt, wenn das Barometer fällt, und so umgekehrt. Aimé's Beobachtungen finden sich im Auszug in den *Ann. de phys. et de chimie* (1840), *T. LXXIII p.* 416. Da weder Gissler noch af Schultén ihre Beobachtungen im Detail gegeben haben, und die von Aimé, so viel ich weifs,

die einzigen in Zahlen mitgetheilten Bestimmungen sind, so habe ich geglaubt, dafs sie, schon wegen der Gleichheit mit dem Verhalten bei uns, besondere Aufmerksamkeit verdienten. Daher habe ich sie vom Januar und Februar 1839 graphisch construirt, und, mit Ausnahme weniger Anomalien, gefunden, dafs zwischen dem Barometerstand und der Wasserhöhe ein ganz deutlicher und unbestreitbarer Zusammenhang vorhanden ist [1]).

Je mehr ich die mit diesem Phänomen verknüpften Umstände erwäge, desto zweifelhafter stellt sich mir aber die angeführte Theorie dar. So fragt es sich zunächst, ob sie denn die Erscheinung in ihrer ganzen Ausdehnung genügend erkläre. Nach dem Angeführten kann der Luftdruck die Wasserhöhe nicht über 3,5 Fufs ändern, oder nicht mehr als 1,75 Fufs über oder unter die Mittelhöhe bringen; allein diese Gränzen dürften, nach den in Helsingfors gemachten Erfahrungen zu urtheilen, sehr oft in bedeutendem Maafse überschritten werden. Von noch wesentlicherem Einflufs ist der Umstand, dafs ihr Hauptstützpunkt, nämlich die ohne Beweis angenommene gleichzeitige Verschiedenheit des Barometerstands oder Luftdrucks an den verschiedenen Theilen des Meeres in Wirklichkeit nicht so stattfindet, als vorausgesetzt ward. Vielmehr tritt gewöhnlich, wie ich unlängst in dieser Gesellschaft darzuthun gesucht habe [2]), mit einer hier nicht leicht merkbaren Modification, das Gegentheil davon ein; fast gleichzeitig ist der Barometerstand einmal hoch und ein ander Mal niedrig auf der ganzen Ostsee und all deren Buchten, hoch an der Preufsischen Küste, wenn er in Torneå hoch ist, und hoch am finnischen und liflándischen Strande, wenigstens sechs Stunden nachdem er es an dem schwedischen geworden ist. Daraus ergiebt sich unwiderleglich der Schlufs, dafs wenn

1) Im Original ist diese Construction mitgetheilt. P.

2) Deren *Acta*, *T. I* S. 1.



die Hebungen der Wasserfläche gleichzeitig eintreten mit den Verminderungen des Luftdrucks, diese letzteren nicht füglich die Ursache der ersteren seyn können.

Allein, worin soll man sie dann suchen? Unzweifelhaft in einem Verhalten, das mit beiden Zusammenhang hat. Nach den Forschungen der letzteren Zeit möchte man deshalb wieder zu der alten Vermuthung zurückkommen, dafs die Windrichtung ein hiebei nicht unwesentlicher Umstand sey, obwohl auch dawider streitende Erscheinungen vorkommen. Man weifs, dafs der Luftdruck im Allgemeinen bei nördlichen Winden gröfser ist als bei südlichen, und dafs die ersteren Winde das Wasser nach Süden hin treiben; daher sieht man denn an dem nördlichen Seestrande zugleich das Barometer hoch und das Wasser niedrig. Das mufs z. B. der Fall seyn in Torneå und wahrscheinlich in dem ganzen bottnischen Meerbusen. Aber an den preufsischen Küsten müfste gerade das Gegentheil stattfinden, das Wasser, bei hohem Barometerstande, vom nördlichen Winde zusammengehäuft, sich höher erweisen. Ist dem wirklich so? Gegen die angenommene Theorie und die darauf gegründete Vermuthung findet man es wirklich also.

Der Navigationslehrer Bannasch hat in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXVI (112) S. 209, die Resultate von Beobachtungen mitgetheilt, die er zur Bestimmung des Steigens und Fallens der Ostsee in den Jahren 1815 bis 1834 auf dem Leuchtthurm bei Pillau anstellte, und diese zeigen, dafs daselbst das Wasser bei nördlichen Winden höher steht als bei südlichen. Am niedrigsten war es bei OSO. und SO., also bei Landwinden, dagegen am höchsten bei NW. Der Unterschied zwischen diesen Aeufsersten war aber, im Mittel aus allen Jahren, nicht gröfser als $8\frac{1}{4}$ preufs. Zoll. Wie viel indefs diese Mittelzahl von den einzelnen Extremen überschritten wird, ist nicht angegeben.

Auch bei den in Algier angestellten Beobachtungen

kommen, wenn man sie genauer betrachtet, solche partiellen Abweichungen vor, dafs sie einer besonderen Durchsicht verdienen. Hier mögen nur die Beobachtungen vom Januar und Februar 1839 betrachtet seyn. Der Barometer- und Wasserstand ist täglich ein Mal aufgezeichnet, wodurch man denn die Veränderungen von einem Tage zum nächstfolgenden erhält. Theilt man dann die Beobachtungen in zwei Reihen, eine bei steigendem, die andere bei sinkendem Barometerstand, und reducirt man, zur leichteren Anschaulichkeit des Vergleichs, den Luftdruck von Quecksilber- auf Wasserhöhen, so entsteht folgende Uebersicht:

Steigen des Barometers, gemessen in Quecksilberhöh. Millimeter.	Steigen des Barometers, gemessen in Wasserhöhen. Millimeter.	Entsprechendes Sinken der Meeresfläche. Millimeter.	Verhältnifs der Zunahme d. Luftdrucks zum Sinken des Wassers.
1,4	18,90	100	1 : 5,89
0,9	2,15	50	1 : 23,26
0,1	1,35	— 10	
0,3	4,05	40	1 : 9,88
3,2	43,20	80	1 : 1,85
1,6	21,60	20	1 : 0,92
1,0	13,50	— 40	
1,9	25,65	20	1 : 0,78
3,3	44,55	90	1 : 2,02
0,1	1,35	0	
6,4	86,40	130	1 : 1,50
0,6	8,10	50	1 : 6,17
1,3	17,55	— 30	
5,5	74,22	0	
2,6	35,10	130	1 : 3,70
5,6	75,60	80	1 : 1,06
3,9	52,65	20	1 : 0,38
Summe	525,92	730	1 : 1,39

Sinken der Barometerstände, gemessen in		Entsprechendes Steigen der Meeresflächen.	Verhältniſs der Abnahme des Luftdrucks zum Steigen des Wassers.
Quecksilberhöh.	Wasserhöhen.		
Millimeter.	Millimeter.	Millimeter.	
0,5	6,75	180	1 : 2,70 (?)
3,8	51,30	80	1 : 1,56
1,2	16,20	— 20	
2,1	28,35	50	1 : 1,76
4,7	63,45	30	1 : 0,47
2,2	29,70	80	1 : 2,70
3,4	45,90	50	1 : 1,09
5,2	70,20	10	1 : 0,14
7,5	101,25	150	1 : 1,47
1,0	13,50	— 10	
7,7	103,95	180	1 : 1,73
7,7	103,95	50	1 : 0,48
2,7	36,45	20	1 : 0,55
Summe	670,95	850	1 : 1,27

Hier zeigen sich viele Anomalien. Theils kommen unter 30 Fällen 5 vor, wo das Wasser stieg mit steigendem Barometer, und theils sind die Veränderungen der Wasserhöhe lange nicht proportional den Barometerveränderungen. Ueberhaupt sind die ersteren 33 Procent gröſser als sie im Verhältniſs zu letzteren seyn sollten, was, neben den angedeuteten Anomalien, zu erkennen zu geben scheint, daſs, auſser den Veränderungen des Luftdrucks, noch andere Ursachen zum Auftreten des Phänomens mitwirken. Wahrscheinlich ist auch in der Ostsee das Verhalten ein solches.

Aus allem diesen scheint sich der Schluſs zu ergeben, daſs man noch weit davon ist, das in Rede stehende Phänomen vollständig zu kennen, und man folglich nicht erwarten darf, schon eine sichere Theorie zu dessen Erklärung aufstellen zu können. Das einzige Quantitative, welches man, nach den zuvor Angeführten, von Pillau und Algier kennt, ist zu diesem Behufe nicht hinreichend. Um in dieser Hinsicht die Ostsee zu er-

forschen, müfsten an mehren Küstenpunkten derselben gleichzeitige Beobachtungen gemacht werden, nämlich über 1) die Wasserhöhe, 2) den Barometerstand, 3) Richtung und Stärke des Windes, und 4) die übrige Beschaffenheit des Wetters. Diese Elemente müfsten täglich, z. B. Mittags 12 Uhr, aufgezeichnet werden, zu einem Anfang auf die Dauer eines Jahres, während der Zeit, wo die Küsten frei von Eis sind, besonders im Herbst und Frühling, da die gröfsten Veränderungen einzutreten pflegen. Könnten die Barometerbeobachtungen nicht an allen Orten gemacht werden, so dürfte diefs doch nicht abhalten, die übrigen Umstände aufzuzeichnen, weil die Veränderungen des Luftdrucks auf solche Abstände, wie hier in Frage kommen, als gleichzeitig anzusehen sind. Die Angabe über die Windstärke brauchte nicht genauer zu seyn als sie gewöhnlich durch die Worte: stark mittelmäfsig, schwach, angedeutet wird. Der einzige Apparat, der zu diesen Beobachtungen wesentlich erfordert wird, ist ein Maafsstock, der senkrecht in's Wasser gesteckt wird, am besten befestigt an einem Hause oder einer Hütte, die den Wellenschlag abhält und dadurch die Beobachtung erleichtert.

Die Orte in Finnland, wo sich diese Beobachtungen am leichtesten anstellen liefsen, und die zugleich am geeignetsten für diesen Zweck wären, scheinen mir zu seyn: Torneå oder Uleåborg, Larsmo Prestgård unweit Jacobstad, Christinestad, Åland, Hangö, Helsingfors und Wiborg. Da aber alle diese Orte an der einen Seite der Ostsee liegen, und nothwendig auch Beobachtungen von der gegenüberliegenden Seite zu Rathe gezogen werden müssen, so wären solche ferner zu wünschen von Hogland, Reval oder Baltischport, Windau, Pillau, Carlskrona, Gottland und Hernösand. Da die in der Ostsee, befindlichen Leuchtthürme ihre beständigen Aufseher haben, und deren Dienstgeschäfte durch den Auftrag zur Anstellung der in Rede stehenden Beobachtungen nur



unbedeutend vermehrt werden würden, so ließe sich der Zweck am sichersten erreichen, wenn die Behörden dieser Anstalten, in deren Interesse diese Sache zu liegen scheint, veranlassen wollten, daſs solche Beobachtungen ausgeführt würden.

XIV. *Mond- und Sonnenringe, beobachtet zu Lemberg; von E. Heiden.*

(Aus einem Schreiben an den Herausgeber.)

Lemberg, 30. Sept. 1841.

— Im 4. Heft des XXXXIX Bandes Ihrer Annalen der Physik und Chemie las ich unlängst die Beobachtung von Nebenmonden am 9. März 1840 Abends 10½ Uhr von Hrn. Advocaten Boysen zu Gravenstein in Schleswig, und wurde hiedurch zu gegenwärtiger Mittheilung veranlaſst, indem ich wohl einsehe, daſs eine solche Beobachtung für sich allein wenig Werth hat, allein daſs aus vielen solchen Beobachtungen endlich doch ein richtiger Schluſs gefolgert werden kann.

Es war am 18. December 1839 zwischen 10 und 11 Uhr Abends als ich folgende Erscheinung in Lemberg beobachtete, und da ich eben ein Instrument zur Beobachtung der Sternschnuppen bei der Hand hatte, auch die Dimensionen mit hinreichender Genauigkeit messen konnte. Der Mond durfte zur Zeit der Beobachtung Azimut 38° bis 40° und Höhe 60° bis 64° haben, welches genau zu messen ich verhindert war, und der Geringfügigkeit wegen, und bei dem Umstande, daſs es noch immer für den Fall der Nothwendigkeit geschehen kann, auch nicht berechnete. Die Erscheinung bestand (Taf. II Fig. 11) aus einem Kreis, dessen Halbmesser 24° 30'

hatte, ferner einem zweiten Kreis, dessen Peripherie durch den Mond ging, und einen Halbmesser von 26° hatte.

Der Mittelpunkt dieses zweiten Kreises stand vom Monde in nordwestlicher Richtung, und diesem gegenüber berührten sich zwei Kreissegmente, davon eines concentrisch mit dem ersten, das andere concentrisch mit dem zweiten Kreis war, und deren Halbmesser 49° und 75° waren. Die Lichterscheinung war ziemlich hell, und es konnten ziemlich deutlich die Regenbogenfarben unterschieden werden.

Gleich den folgenden Tag nach dieser Erscheinung zeigte sich bei dem Aufgang der Sonne über derselben ein Halbkreis von 14° 12′ Halbmesser, dessen beide Enden von hell leuchtenden Scheiben begränzt waren, welche schwer von der in der Mitte stehenden Sonne unterschieden werden konnten (Taf. II Fig. 12); diese beiden Nebensonnen zogen sich in die Länge und nahmen in der Lichtstärke ab um so mehr, jemehr sich die Sonne über den Horizont erhob, so dafs nach etwa einer Stunde um die Sonne ein voller Kreis war, welcher auf beiden Seiten von leuchtenden Säulen getragen zu werden schien (Taf. II Fig. 13). Das Licht dieser Erscheinung war sehr intensiv, jedoch ohne Farbenspiel.

Unter diese Erscheinungen dürfte auch noch ein voller Kreis, welcher sich den 19. Mai zwischen 12 und 1 Uhr um die Sonne sehen liefs, und welcher ohne Farbenspiel und mit einem Halbmesser von 16° war, gerechnet werden.



XV. *Ueber ein Verfahren, die Entfernung eines Punkts, sey er zugänglich oder nicht, fest oder beweglich, mittelst eines einzigen Instruments und von einem einzigen Standpunkte aus zu messen;*

von Hrn. ***Wartmann*** *zu Lausanne.*

(*Bulletin de la Société Vaudoise*, *No.* 2 *p.* 22. — Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Die geodätischen und astronomischen Operationen erfordern sehr häufig die Kenntnifs der Entfernung zweier gegebenen Punkte. Sind diese Punkte beide fest, so führen die gewöhnlichen trigonometrischen Verfahrungsarten sehr leicht zum Ziel. Man bestimmt eine Grundlinie, und mifst an deren beiden Enden die Winkel zwischen ihr und dem Gegenstand. Dann ist das Dreieck bald aufgelöst.

So weit ist man aber lange nicht, wenn einer der Punkte sich bewegt, ein sehr wichtiger Fall, der bei mehren strategischen und kosmologischen Untersuchungen vorkommt. Man müfste im Voraus eine mehr oder weniger lange Grundlinie messen, an deren beiden Endpunkten Beobachter aufstellen, und diese in demselben Augenblick die Fernröhre ihrer Theodolithen auf denselben Punkt des Gegenstandes richten lassen. Wäre der Gegenstand in demselben Moment gleich sichtbar an beiden Stationen, wären die Uhren wohl verglichen, die Beobachter gleich geschickt, und behielte der Gegenstand genau seine Gestalt oder änderte sie unwahrnehmbar, so würde begreiflich diese Methode anwendbar seyn, desto besser, je öfter und schneller auf einander man die Ablesungen wiederholte, um die wahrscheinlichen Fehler durch einen Mittelwerth zu schwächen. Fänden dage-

gen diese Umstände nicht statt, ständen die beiden Beobachter nicht gleichzeitig zu Gebote, veränderte der Gegenstand sein Ansehen, oder hörte er auf zugleich sichtbar zu seyn, so würde die Ausführung der Methode unmöglich.

Diefs sind Einwürfe, die man dem neuerdings von Hrn. Pouillet vorgeschlagenen Verfahren zur Messung der Höhe der Wolken [1]), machen kann. Da diefs Problem schon die Aufmerksamkeit mehrer berühmten Gelehrten, wie Jacob Bernouilli [2]), Brice [3]), Lambert [4]) und neuerlich Hr. Arago [5]) beschäftigt hat, so will ich die von mir zu diesem Behufe vorgeschlagene Methode kennen lehren.

Man wähle in einer stillstehenden oder sich sehr langsam bewegenden Wolke einen Punkt N (Taf. III Fig. 9), der an seiner Farbe oder eigenthümlichen Gestalt leicht erkennbar ist. Man begebe sich an einen erhabenen Punkt P, auf die Spitze eines Hügels oder Thurms, oder an's Fenster des oberen Stockwerks eines Hauses. Vor sich habe man eine reflectirende Fläche MM', z. B. eine ruhige Wasser- oder Quecksilberfläche, oder einen grofsen Horizontalspiegel. Der Einfallswinkel eines Lichtstrahls, der den Spiegel trifft, ist dem Reflexionswinkel gleich; man braucht also nur den Winkel $d = IPN$, gebildet am Auge P von dem directen Strahl NP, und dem dahin reflectirten Strahl IP, zu messen und die Länge PI zu bestimmen, um das Problem zu lösen.

Sey nun e der bekannte Winkel IPS, gebildet von dem reflectirten Strahl PI mit der durch den Mittelpunkt

1) *Compt. rend.* 9. *Nov.* 1840. (Annal. Bd. LII S. 41.)

2) *Acta eruditorum*, 1688.

3) *Phil. Transact.* 1766.

4) *Mém. de l'acad. de Berlin* 1773.

5) *Compt. rend.* 24. *Août.* 1840. (Annal. Bd. LI S. 175.)

des abgelesenen Kreises gehenden Senkrechten PS, so hat man offenbar Winkel $PIN = l = 2e$. Somit die beiden Winkel d und l kennend, bleibt nur noch PI zu messen. Da es schwierig wäre den Punkt I der reflectirenden Fläche MM' genau auszumitteln, so drehe man das Fernrohr des Theodolithen um die Verticale PS, den Winkel e constant haltend, und suche die Länge PL oder PE der Linie, die den Punkt P von dem an den Rändern liegenden Gegenstand L oder E trennt (Taf. III Fig. 10).

Da der Werth von PI bekannt ist [1]), so ergiebt sich die senkrechte Höhe des Beobachters über der reflectirenden Fläche mittelst der Formel:

$$PS = PI . \sin(90^{\circ} - e).$$

Eben so hat man:

$$IN = PI . \frac{\sin d}{\sin(180^{\circ} - l - d)},$$

folglich ist die senkrechte Höhe der Wolke über dem Spiegel, gegeben durch:

$$NQ = NI . \sin(90^{\circ} - e)$$

und daraus ergiebt sich endlich für die Höhe der Wolke über dem Beobachter:

$$NQ - PS = (NI - PI) \sin(90^{\circ} - e).$$

Es ist hinreichend für den Versuch, einen getheilten Kreis, versehen mit einem Rohr ohne Gläser, senkrecht aufzustellen. Eine geschwärzte Metallplatte mit einem kleinen Loch in der Mitte dient als Ocular. Das im Innern gleichfalls geschwärzte Rohr muſs ein Fadenkreuz enthalten und solche Länge haben, daſs nur die nützlichen Strahlen eintreten, nicht die reflectirten von den Gegenständen, die um den beobachteten liegen. Ein Teich, ein See, ein Kübel mit Wasser, eine Wanne voll Quecksilber u. s. w. kann die spiegelnde Fläche seyn.

1) Ist z. B. der Beobachter oben auf einer senkrechten Wand, einem Hause oder Thurme, so miſst er leicht PI, da, weil PS bekannt ist, $PS = PI \cos e$.

Aufser der experimentellen Einfachheit scheint mir das beschriebene Verfahren vor den erwähnten einige Vorzüge zu haben. Je länger die zu messende Base IP ist, desto gröfser wird die Annäherung seyn. Bewegt sich der Punkt N nur langsam, so kann man die Borda'sche Methode zur Wiederholung der Winkel anwenden, und somit einen immer genaueren Werth erhalten; man kann überdiefs von Zeit zu Zeit beobachten und die Geschwindigkeit der Fortrückung des Gegenstandes bestimmen, die zu kennen oft nützlich ist. Bemerken wir endlich, dafs es für einen einzigen Beobachter nicht mehr möglich ist, den Sehpunkt mit benachbarten Punkten zu verwechseln, was häufig geschieht bei einer vorüberfliegenden Wolke, die sich in kürzerer Zeit entstaltet, als, nach Hrn. Pouillet's Methode, zwei Beobachter gebrauchen, um, nachdem sie sich verständigt, wieder ihre Standpunkte einzunehmen.

Verhinderte der Wind oder irgend ein anderer Umstand die Anwendung einer Flüssigkeit als Spiegel, so kann man statt deren ein belegtes Glas von möglichst grofsen Dimensionen nehmen, und es mittelst Libelle und Stellschrauben horizontal legen.

XVI. *Ueber die im lebenden Organismus vor sich gehende Umwandlung der Benzoësäure in Hippursäure; von F. Wöhler.*

(Aus dem Götting. gelehrt. Anzeigen, 1842, No. 102.)

Schon vor längerer Zeit hatte der Verf. die Vermuthung ausgesprochen [1]), dafs die Benzoësäure bei der Verdauung wahrscheinlich in Hippursäure umgewandelt werde. Diese Vermuthung gründete sich auf einen früheren Ver-

1) Berzelius, Lehrbuch der Chemie, 1831. Bd. IV S. 376.

such, den derselbe über den Uebergang der Benzoësäure in den Harn angestellt hatte. Er fand in dem Harne eines Hundes, der mit dem Futter ½ Drachme Benzoësäure gefressen hatte, eine in nadelförmigen Prismen krystallisirende Säure, die im Allgemeinen die Eigenschaften der Benzoësäure hatte und die er auch für solche hielt [1]). Indessen waren diese Krystalle offenbar Hippursäure, wie aus dem von ihm angegebenen Umstande, dafs sie wie Salpeter ausgesehen und bei der Sublimation Kohle hinterlassen hätten, deutlich hervorgeht. Allein die Hippursäure war damals noch nicht entdeckt, und es ist bekannt, dafs sie bis 1829, wo sie zuerst von Liebig unterschieden wurde, allgemein mit der Benzoësäure verwechselt worden ist.

Die neuerlich publicirte Angabe von Ure [2]), dafs er in dem Harne eines Patienten, der Benzoësäure eingenommen hatte, wirklich Hippursäure gefunden habe, brachte dieses durch seine physiologische Bedeutung so wichtige Verhalten wieder in Erinnerung und gab zu den folgenden Versuchen Anlafs, welche von Hrn. Keller, der sich mit ausgezeichnetem Eifer dem Studium der Medicin widmet, auf den Vorschlag des Verfassers an sich selbst angestellt worden sind. Des Verfassers Vermuthung ist dadurch unzweideutig bestätigt worden.

Hr. Keller nahm vor dem Schlafengehen mit Zuckersyrup 2 Grm. (ungefähr 32 Gran) reine Benzoësäure. In der Nacht stellte sich Schweifs ein, was wohl eine Wirkung dieser Säure seyn mochte, da Hr. Keller sonst nur sehr schwer in stärkere Transpiration kommt. Eine andere Wirkung liefs sich nicht wahrnehmen, selbst als an den folgenden Tagen dieselbe Dosis drei Mal täglich genommen wurde, wo auch nicht einmal der Schweifs wieder eintrat.

1) Tiedemann's Zeitschrift für Physiologie, Bd. I S. 142.

2) *Prov. med. and surg. Journ.* 1841.

Der am Morgen gelassene Harn reagirte ungewöhnlich stark sauer, und zwar selbst noch, nachdem er abgedampft worden war und einen Tag lang gestanden hatte. Er setzte dabei nur das gewöhnliche Sediment von Erdsalzen ab. Als er aber mit Salzsäure vermischt und hingestellt wurde, bildeten sich darin nach einiger Zeit lange, prismatische, braun gefärbte Krystalle in großer Menge, die schon dem Ansehen nach nicht für Benzoësäure zu halten waren. Ein anderer Theil, der durch Abdampfen noch weiter concentrirt worden war, verwandelte sich beim Vermischen mit Salzsäure in ein Magma von Krystallblättchen. Diese so erhaltene krystallinische Substanz wurde ausgepreſst, in siedendem Wasser gelöst, mit Thierkohle entfärbt und umkrystallisirt. Sie wurde dadurch in farblosen, Zoll langen Prismen erhalten.

Diese Krystalle waren reine Hippursäure. Beim Erhitzen schmolzen sie leicht, bei etwas stärkerer Hitze verkohlte sich die Masse unter Entwicklung eines Geruchs nach Bittermandelöl und unter Sublimation von Benzoësäure. Um jeden Zweifel über ihre Natur zu beseitigen, bestimmte Hr. Keller durch die Elementar-Analyse ihren Kohlenstoffgehalt. 0,30 Grm. gaben 60,4 Proc. Kohlenstoff. Nach der Formel $\dot{H}+C^{18}H^{16}N^{2}O^{5}$ enthält die krystallisirte Hippursäure 60,67 Proc. Kohlenstoff; die krystallisirte Benzoësäure dagegen enthält 69,10 Proc. Kohlenstoff.

So lange das Einnehmen der Benzoësäure fortgesetzt wurde, konnte aus dem Harne mit Leichtigkeit und in Menge Hippursäure dargestellt werden, und da die Benzoësäure so ohne allen Nachtheil für die Gesundheit zu seyn scheint, so wäre es leicht, auf diese Weise, besonders mit Hülfe gröſserer Thiere, groſse Mengen von Hippursäure zu produciren.

Es war wichtig den Harn, welcher Hippursäure enthielt, auf seine beiden normalen Hauptbestandtheile, den Harnstoff und die Harnsäure, zu untersuchen. Sie waren



ren beide darin enthalten, und, dem Anscheine nach, in keiner anderen Quantität, als im normalen Harne.

Als der durch Abdampfen concentrirte Harn, aus dem durch Salzsäure die Hippursäure geschieden war, mit Salpetersäure vermischt wurde, setzte er eine grofse Menge salpetersauren Harnstoff ab. Schon vorher hatte er ein pulveriges Sediment fallen lassen, dessen Auflösung in Salpetersäure die charakteristische purpurrothe Reaction der Harnsäure gab. Diese Beobachtung widerspricht der Angabe von Ure, und es ist daher wohl zu voreilig, wenn er die Benzoësäure als Mittel gegen die aus Harnsäure bestehenden Gicht- und Harn-Corncretionen empfiehlt; er scheint sich vorzustellen, dafs die Harnsäure zur Umwandlung der Benzoësäure in Hippursäure verwendet werde. Da er seine Beobachtung an dem Harne einer Arthritischen machte, so ist anzunehmen, dafs dieser Harn auch ohne den inneren Gebrauch der Benzoësäure keine Harnsäure enthalten haben würde. — Uebrigens ist es klar, dafs die Hippursäure, da sie sich erst nach Zusatz einer Säure abscheidet, an eine Basis gebunden im Harn enthalten ist.

XVII. *Notizen.*

2) *Oscillationen des artesischen Brunnens im Militairhospital zu Lille.*, etwa 8,5 geogr. Meilen vom nächsten Punkt der Meeresküste entfernt. Beobachtungen an diesem Brunnen: 1) stündlich angestellt über die bei constanter Wasserhöhe ausfliefsende Wassermenge, und 2) viertelstündlich angestellt über die Höhe des Wassers, nach Unterbrechung des Ausflusses durch Aufsetzung eines langen Glasrohrs von $0^m,02$ Durchmesser, haben zu folgenden Schlüssen geführt: 1) das Maximum des Ergusses beträgt 63,55 Litr. pro Minute, das Minimum 33,00

Litr., das Medium 48,55 Litr. — 2) Das Maximum der Wasserhöhe nach unterbrochenem Ausflufs ist 2^m,385, das Minimum 1^m,956, das Medium 2^m,253. — 3) Die gröfsten Veränderungen in dem Ergufs und der Wasserhöhe correspondiren den Syzygien, die schwächsten den Quadraturen, und daraus scheint zu folgen, dafs diese Veränderungen von der Ebbe und Fluth bedingt werden. — 4) Das Maximum des Ergusses findet statt etwa 8 Stunden nach dem Eintritt der höchsten Fluth zwischen Dünkirchen und Calais. (*Compt. rend. T. XIV p.* 310.)

2) *Arquerit*, das Mineral, worauf der Bau der reichen Silbergrube Arqueros, Provinz Coquimbo in Chili, begründet ist, stellt, nach Hrn. Domeyko, eine neue Species dar. Es ist nämlich ein natürliches Silberamalgam, bestehend aus 6 At. oder 86,5 Proc. Silber und 1 At. oder 13,5 Proc. Quecksilber, während das von Moschel-Landsberg im Zweibrückischen 36 Silber und 64 Quecksilber enthält. Hr. Berthier schlägt daher für ersteres den Namen Arquerit vor. Derselbe hat auch in den mit den Namen *Pacos* und *Collorados* belegten Silbererzen von Chanaveillo Bromsilber gefunden, zwar in veränderlichen, aber eben so starken Verhältnissen als Chlorsilber. (*Compt. rend. T. XIV p.* 567.)

3) *Villarsit*, nennt Hr. Dufrénoy, dem Mineralogen Villars zu Ehren, ein neues Mineral, welches zu Traverselle in Piemont vorkommt, begleitet von blättrigem Dolomit, von Glimmer, Quarz und dodecaëdrischen Magneteisenstein. Er ist gelbgrün, von körnigem Bruch, in Textur und Farbe gewissen Apatiten von Arendal ähnlich, und krystallisirt in Rhomben-Octaëdern mit abgestumpften Scheiteln, denen ein gerades Rhombenprisma von 119° 59′ als Primitivform zukommt. Hr. D. fand den Villarsit zusammengesetzt aus:

Kieselerde	39,60	Sauerstoff	20,57	4
Bittererde	47,37		18,37	4
Eisenoxydul	3,59		0,69	
Manganoxydul	2,42		0,53	
Kalk	0,53		0,14	
Kali	0,46		5,14	1
Wasser	5,80			
	99,77			

entsprechend der mineralogischen Formel $4 Mg S + Aq$. (*Compt. rend. T. XIV p.* 698.)

4) *Xenolit*, ein neues Mineral, so genannt, weil es seinem Fundort fremd ist. Dasselbe fand sich nämlich neben Wörthit, in der Gegend von Peterhoff, in Geschieben, die vermuthlich aus Finnland stammen. Es ist in sehr feinen, zu faserigen Massen vereinigten Prismen krystallisirt. Ein abgesondertes Nädelchen stellte ein dreiseitiges Prisma dar, an dem zwei Flächen den Winkel 45° 38' bildeten, und die dritte rechtwinklich gegen eine der andern zu seyn schien. Es hatte auch eine gerade Endfläche. Härte, gleich der des Quarzes. Specifisches Gewicht =3,58. Farblos, zuweilen mit gräulichen und gelblichen Stellen. Durchscheinend. Bruch uneben, körnig. Glasglanz, auf den deutlicheren Spaltflächen Perlmutterglanz. Vor dem Löthrohr kein Wasser gebend. In Stücken und in Pulver unschmelzbar. Schwer in Borax und Phosphorsalz löslich, mit letzterem opalescirend, wenn das Glas gesättigt ist. Mit einer geringen Menge Soda unter Aufbrausen zu einem halbdurchsichtigen Glase schmelzend. Mit mehr Soda die Schmelzung schwierig. Mit Kobaltsolution eine smaltblaue Farbe gebend. Nach einer von Hrn. Komonen gemachten Analyse besteht es aus Kieselerde 47,44 und Thonerde (mit sehr wenig Eisenoxyd) 52,54 (Summe 99,98) entsprechend der Formel $\dddot{Si}\dddot{Al}$. (Nordenskiöld, in den *Act. soc. scient. fennicae, T. I p.* 372.)

5) *Muthmafslicher Meteorsteinfall.* — Die *Compt. rend.* vom 13. Juni d. J. enthalten drei Berichte aus Berrias, Mende, beide im Dep. Lozère, und St. Beauzire im Dep. Haute-Loire, über eine an diesen Orten am 3. Juni d. J. Abends 9 Uhr in der Nähe des Zenith gesehene Feuerkugel von Vollmondsgröfse, die von NO. nach SW. zog, und, ehe sie den Horizont erreichte, zersprang, worauf man dann zwei Minuten später ein donnerähnliches rollendes Getöse hörte. Von Steinen, die gefallen, hat man indefs bis jetzt noch nichts aufgefunden. Hr. J. de Malbos, Berichterstatter vom zuerst genannten Orte, ist derselbe, der am 15. Juni 1821 das zu Juvenas niederfallende Meteor sah, und dessen Auffindung veranlafste.

Berichtigungen.

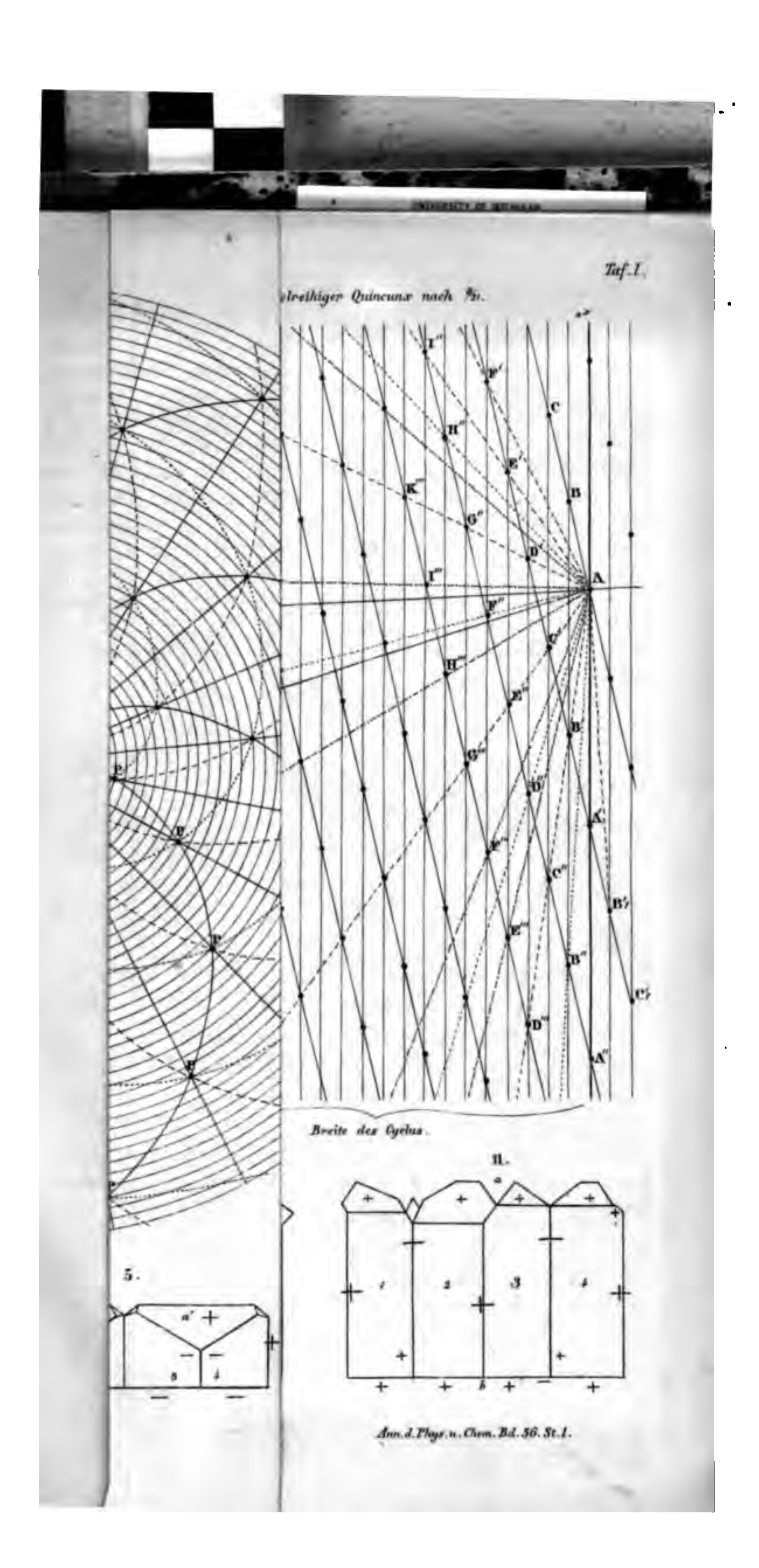
Zum Aufsatz des Hrn. Prof. C. Naumann in diesem Bande:
Seite 2 Zeile 18 von oben: allgemein*ere*, statt allgemeine.
— 3 Z. 15 von unten: *liegen*, st. lagen.
— 8 Z. 18 und 20 v. o.: *Quadranten*, st. Quadraten.
— 9 Z. 10 v. o.: *nach den* Ordnungszahlen, st. *die* Ordnungszahlen.
— 9 Z. 21: α st. a.
— 10 Z. 6 v. u., in dritter Columne: $\frac{2(n-m)}{m}a$, statt $\frac{(2n-m)}{m}a$.
— 13 Z. 16 v. o.: *Tetartostrophen*, st. Tetartastrophen.
— 15 Z. 9 v. o.: *Coordinaten*, st. Coordinate.
— 15 Z. 12 v. o.: A', st. A''.
— 18 Z. 11 v. o: $=C$, st. $=1$.
— 30 Z. 9 v. o.: *entweder*, st. etweder.
— 35 Z. 5 v. u.: *Deuterospiralen*, st. Deuterospirale.
Hinsichtlich eines Paares anderer Berichtigungen verweisen wir nochmals auf S. 176.

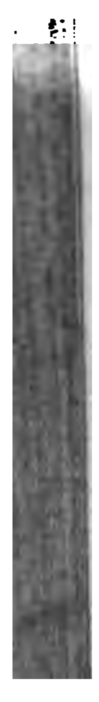
Zum Aufsatz des Hrn. Prof. Schönbein, in diesem Bande.

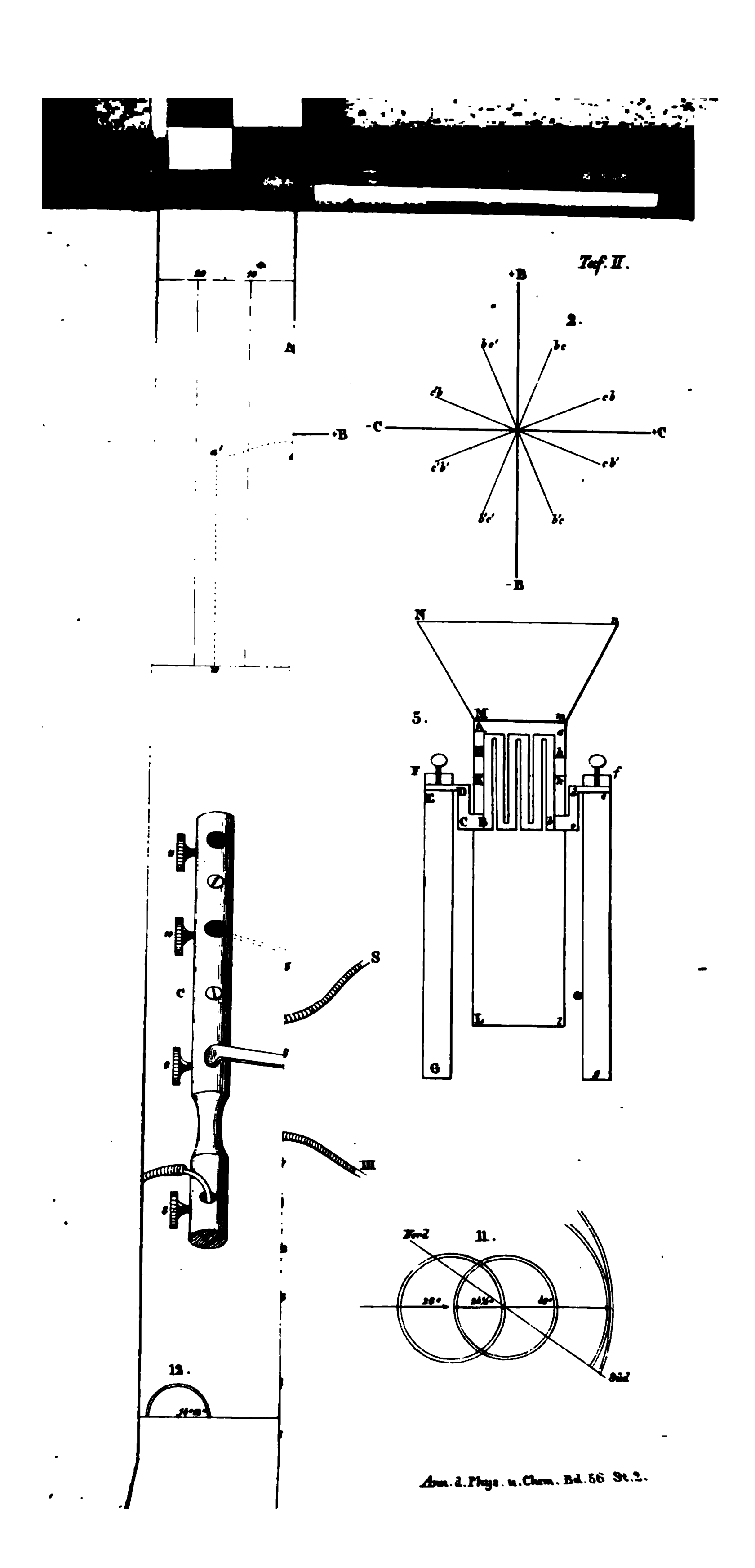
(Dem Schlusse der Abhandlung, S. 251, sind noch folgende Zeilen, die zufällig beim Hrn. Verf. liegen blieben, hinzuzufügen.)

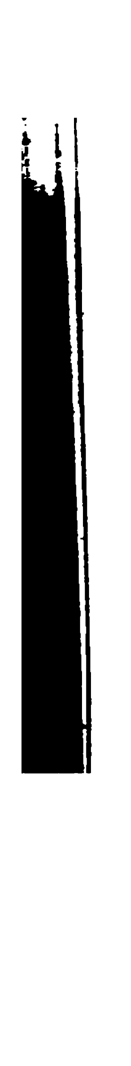
Aus der einfachen Thatsache, dafs Platinoxyd bei gewöhnlicher Temperatur nicht die Wirkung auf den Weingeist zeigt, welche die schwammförmige positive Platinelektrode auf diese Flüssigkeit ausübt, scheint mir die Unzulässigkeit der Erklärungsweise de la Rive's hervorzugehen; denn warum sollte Platinoxyd, auf dem gewöhnlichen chemischen Wege dargestellt, anders wirken, als dasjenige, welches sich, nach diesem Chemiker, während der Elektrolyse des Wassers bildet? Oder ist letzteres wieder eine Verbindung *sui generis?*

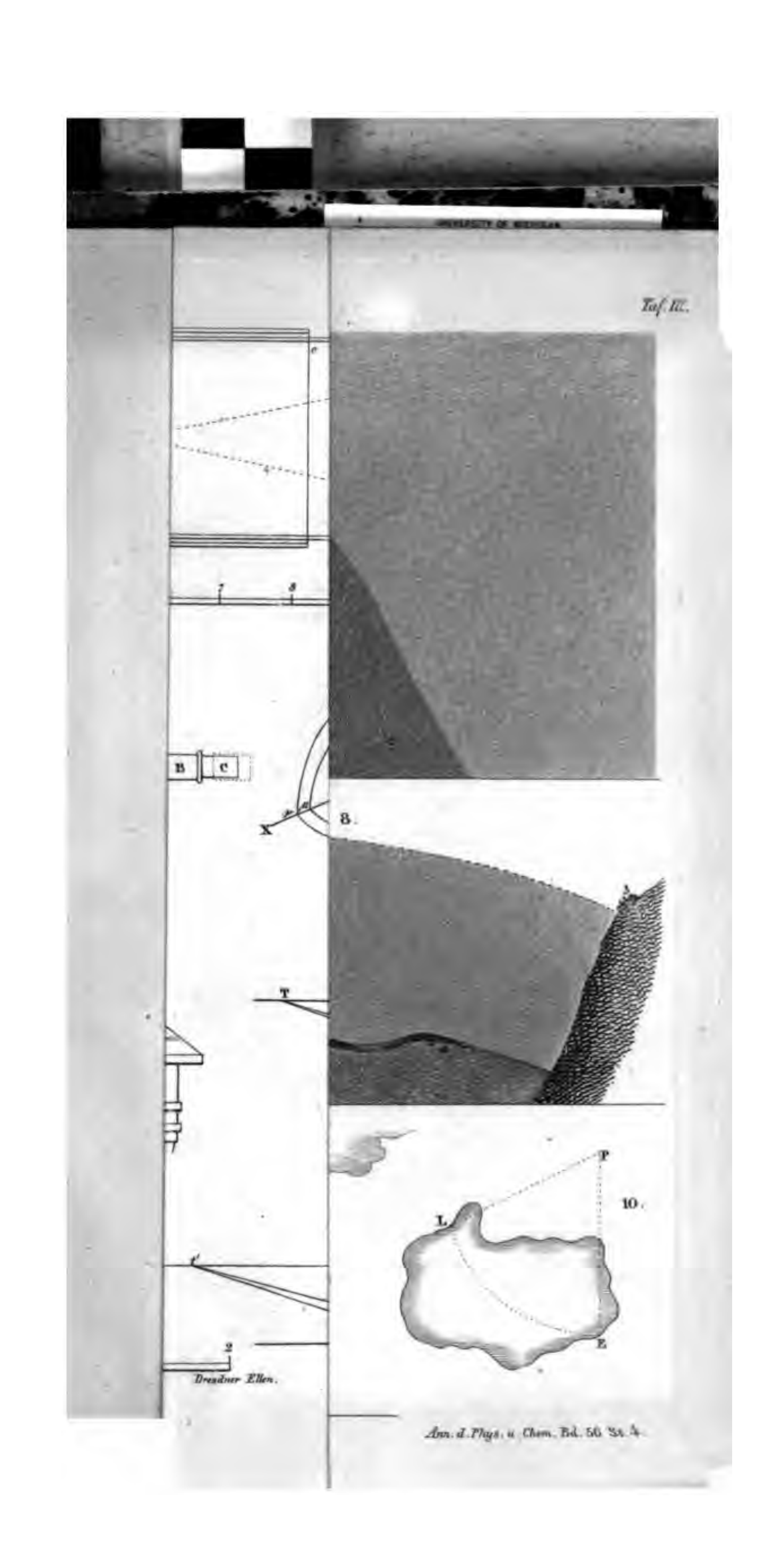
Aus der vorangegangenen Erörterung scheint sich nun als Hauptresultat zu ergeben, dafs die Hypothese de la Rive's das Döbereiner'sche Phänomen nicht zu erklären im Stande ist, ohne dafs man genöthigt wäre, wieder zu neuen Voraussetzungen seine Zuflucht zu nehmen, und mit bekannten Thatsachen in Widerspruch zu treten.


Taf. I.
...reihiger Quincunx nach 8/21.
A
B
C
D'
E'
F'
G''
H''
I''
K'''
Breite des Cyclus.
11.
5.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 56. St. 1.




Taf. II.
2.
+B
-B
-C
+C
5.
N
M
L
G
S
III
C
11.
Nord
Süd
12.

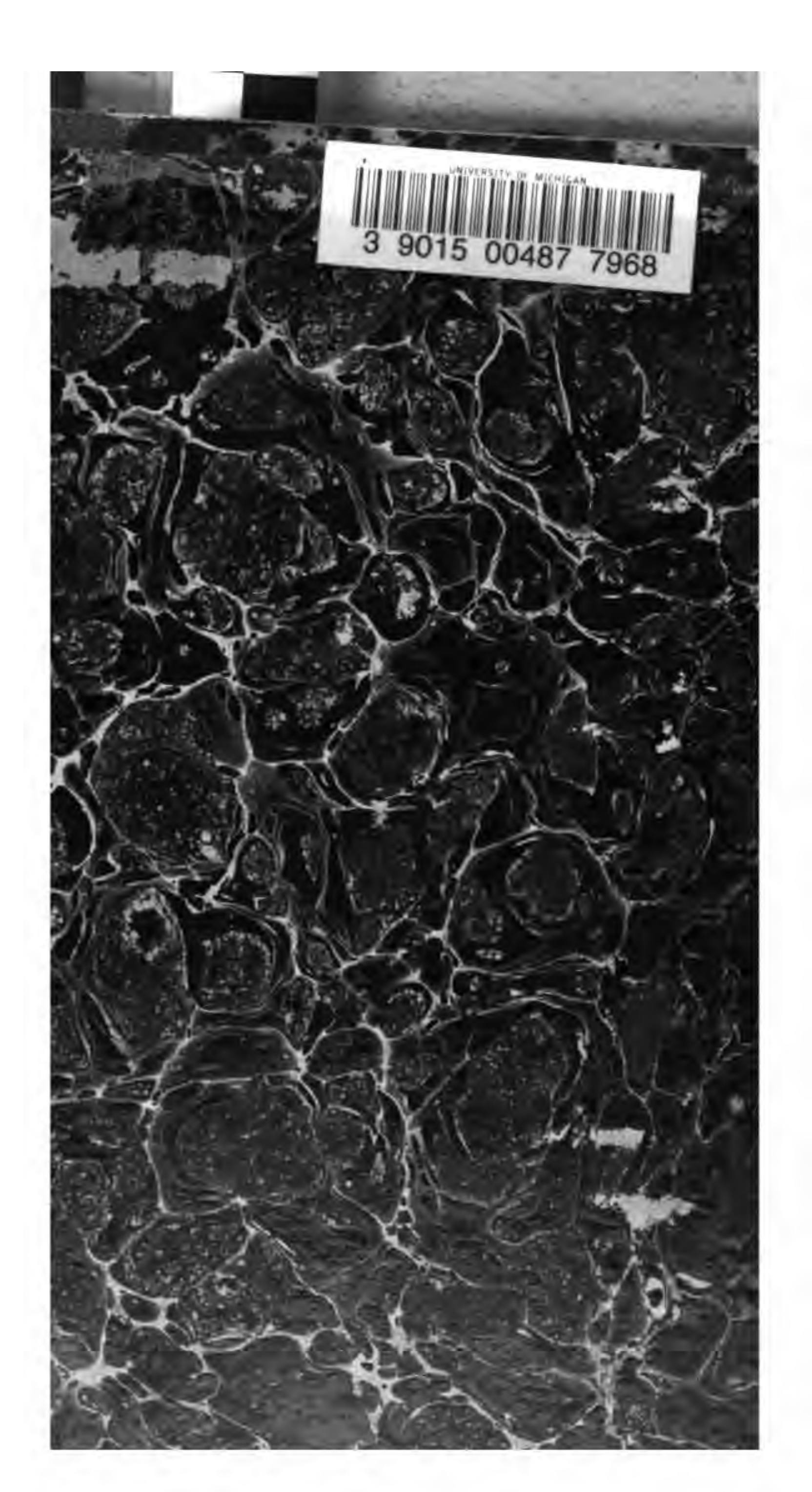



Taf. III.
B
C
X
8.
T
P
10.
L
E
t'
2
Dresdner Ellen.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 56 St. 4.








UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 00487 7968